

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky

Optimalizace provozu vodohospodářského zdroje
Optimization of Water Resource Operation

2020

Bc. Lukáš Rosina

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Lukáš Rosina

Studijní program:

N2661 Projektování elektrických systémů a technologií

Téma:

Optimalizace provozu vodohospodářského zdroje
Optimization of Water Resource Operation

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je návrh optimalizace provozu vodohospodářského zdroje. Návrh řeší technickou modernizaci vodohospodářského zdroje města Ostravy. Náplní projektu je návrh energetického zdroje, bezpečnostních prvků, provozních silnoproudých rozvodů, komunikačních rozhraní pro dispečink společnosti Ostravské vodárny a kanalizace a.s. a návrh obvodu měření a regulace.

1. Seznámení se s problematikou projektu
2. Popis vodohospodářského systému
3. Optimalizace vodohospodářského systému
4. Vypracování projektové dokumentace

Seznam doporučené odborné literatury:

1. DVOŘÁČEK, K.: Projektování elektrických zařízení, Praha: IN-EL, 1999, ISBN 80-86230-10-4
2. DVOŘÁČEK, K.: Příručka pro zkoušky projektantů elektrických zařízení, 1. vyd., Praha: IN-EL, 2003, ISBN 80-86230-31-7
3. VALTER, J.: Regulace v praxi aneb jak to dělám já, Praha: BEN, 2010, ISBN 80-7300-256-5
4. ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 – Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-51: Výběr a stavby elektrických zařízení – Všeobecné předpisy. Praha: UNMZ, 2010, Třídící znak: 332000.
5. ČSN EN 81346-2 – Průmyslové systémy, instalace a zařízení a průmyslové produkty – Zásady strukturování a referenční označování – Část 2: Třídění předmětů a kódy tříd. Praha: UNMZ, 2010, Třídící znak: 013710.
6. Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb. In: Sbírka předpisů ČR. 2007.
7. ČSN 75 5115 Studny místního zásobování vodou
8. Kročová Šárka - Havárie a řízení vodního hospodářství. - Ostrava : Vysoká škola báňská, 2006. ISBN 80-248-1246- 0 (brož.)
9. KAČOR, Petr. Vybrané typy elektrických strojů. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010, 127 s. ISBN 978-80-248-2169-6.
10. BURANT, Jiří Blesk a přepětí, 1. vyd. Praha: FCC Public 2006, 256 s., ISBN 80-86534-10-3

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Roman Hrbáč, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry



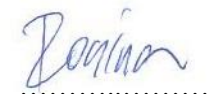
prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som túto diplomovú prácu vypracoval samostatne, s použitím odbornej literatúry a prameňov uvedených v zozname, ktorý je súčasťou tejto práce.

Ďalej prehlasujem, že všetok softvér použitý pri riešení tejto práce, nadobúda legálnu licenciu a jeho použitie spĺňa všetky licenčné podmienky.

V Ostravě dne: 28. apríla 2020


.....
Bc. Lukáš Rosina

Prehlásenie zástupcu spolupracujúcej právnickej alebo fyzickej osoby

"Súhlasím so zverejnením tejto diplomovej práce podľa požiadaviek čl. 26, ods. 9 Študijného a skúšobného poriadku pre štúdium v magisterských programoch VŠB-TU Ostrava."

V Ostravě dne: 28. apríla 2020


.....
Ing. Jiří Stach

Pod'akovanie

Moje pod'akovanie patrí vedúcemu mojej diplomovej práce Ing. Romanovi Hrbáčovi Ph.D. za odborné vedenie, cenné pripomienky, trpezlivosť a ochotu, ktorú mi v priebehu spracovania diplomovej práce venoval.

Ďalej by som chcel poďakovať spoločnosti Prospect spol. s r.o., menovite Ing. Jiřímu Stachovi, ktorý mi v priebehu diplomovej práce poskytol potrebné podklady a odborné vedomosti.

Tiež by som chcel poďakovať celej mojej rodine a blízkym osobám, ktoré ma v priebehu štúdia a písania tejto práce podporovali a boli mi oporou.

Abstrakt

Cieľom tejto práce je vykonať návrh optimalizácie vodohospodárskeho zdroja mesta Ostravy. V prvej časti je uvedený teoretický popis vodohospodárskeho systému a pramenísk Nová Ves a Dubí mesta Ostravy. V ďalšej časti je popísaný aktuálny stav vodohospodárskeho zdroja energetický, bezpečnostný a technologický. V ďalšej časti diplomovej práce sú pre vodohospodársky zdroj spracované optimálne riešenia ktoré, zabezpečujú lepšiu účinnosť vodohospodárskeho zdroja. V záverečnej časti práce je pre vodohospodársky systém spracovaná projektová dokumentácia transformátorovej stanice, systému blezkozvodu a technológie čerpania studní s riadiacim systémom.

Kľúčové slová

Vodohospodársky zdroj, energetický zdroj, ochrana pred atmosferickým prepätím, čerpací systém, studne, riadiaci systém, projektová dokumentácia

Abstract

Issues of this diplom thesis is to make a proposal for the optimization of the water management resource of the city of Ostrava. The first part presents a theoretical description of the water management system and springs Nová Ves and Dubí of the city of Ostrava. The next part describes the current state of energy, safety and technology systems of water resourse. In the next part of the diploma thesis, optimal solutions are processed for the water management source, which ensure better efficiency of the water management source. In the final part of the work, the project documentation of the transformer station, the lightning protection system and the technology of pumping wells with and his control system is processed for the water management system.

Key words

Water resource, energy source, the lightning protection system, pumping system, wells, control system, project documentation

Zoznam použitých symbolov

Symbol	Význam symbolu	Jednotka	Názov jednotky
Q_m	Maximálna denná spotreba	$l.s^{-1}$	liter za sekundu
Q_h	Maximálna hodinová spotreba	$l.s^{-1}$	liter za sekundu
k_d	Súčiniteľom dennej nerovnomernosti	-	bez jednotky
k_h	Súčiniteľom hodinovej nerovnomernosti	-	bez jednotky
Q	Množstvo	ks	kus
l	Dĺžka	m	meter
V	Objem	m^3	meter kubický
f	Frekvencia	Hz	hertz
U_{VN}	Vysoké napätie	kV	kilovolt
S	Zdanlivý výkon	VA	voltampér
R_z	Odpor meraného uzemňovača	Ω	ohm
R_p	Odpor pomocnej prúdovej sondy	Ω	ohm
Q	Prietok	$l.s^{-1}$	liter za sekundu
I	Elektrický prúd	A	ampér
F	Akustický tlak	dB	decibel
ΔP	Elektrické straty	W	watt
u_k	Napätie nakrátko	%	per cento
m	Hmotnosť	kg	kilogram
I_k''	Skratový prúd	kA	kiloampér
i_p	Nárazový skratový prúd	kA	kiloampér
T	Teplota	$^{\circ}C$	stupeň celzia
T_D	Búrkové dni	-	bez jednotky
k_i	Koeficient závislý na triede LPS	-	bez jednotky
k_m	Koeficient závislý na materiáli elektrickej izolácie	-	bez jednotky
k_c	Koeficient závislý na blesk, prúd tečúci zachytávačom a zvodmi	-	bez jednotky
s	Dostatočná vzdialenosť k vrcholu zachytávača určená polomerom	cm	centimeter
r	Polomer bleskovej gule	m	meter
h	Dopravná výška čerpanej vody	m	meter
ρ	Objemová hmotnosť	kg/m^3	kilogram na meter kubický
P_h	Hydraulický výkon	W	watt
η	Účinnosť	-	bez jednotky
P_s	Výkon na hriadelí čerpadla	W	watt
E	Intenzita osvetlenia	lx	lux

Zoznam použitých skratiek

Skratka	Význam	Anglický význam
DUR	Dokumentácia pre územné rozhodnutie	Documentation for zoning decision
DSP	Dokumentácia pre stavebné povolenie	Documentation for building permit
DPS	Dokumentácia realizácie stavby	Documentation of building realization
DSPS	Dokumentácia skutočného vyhotovenia stavby	Documentation of the actual execution of the construction
OVAK	Ostravské vodárne a kanalizácie	Ostrava waterworks and sewerage systems
VHS	Vodohospodársky systém	Water management system
ÚV	Úpravňa vody	Water treatment
NN	Nízke napätie	Low voltage
VN	Vysoké napätie	High voltage
PELV	Ochranné mimoriadne nízke napätie	Protective Extra-Low Voltage
LPS	Systém ochrany pred atmosferickým prepätím	Light protection system
FeZn	Pozinkovaná ovel	Galvanized steel
ČSN	Česká štátna norma	Czech state standard
STN	Slovenská štátna norma	Slovakia state standard
EN	Europská norma	European Standard
Y/D	Spúšťanie hviezda - trojuholník	Start star - triangle
DT	Datový rozvádzač	Data switchboard
RMS	Rozvádzač motorických inštalácií	Switchboard of motor installations
SCADA	Dozorná kontrola a získavanie údajov	Supervisory Control And Data Acquisition
HMI	Rozhranie človek - stroj	Human-Machine Interface
IP	Ochrana pred cudzími predmetmi	Ingress Protection
S1	Režim zaťaženia S1 – trvalé zaťaženie	Operation with constant loading
Pt	Pozitívna teplota - termistor	Positive Temperature - thermistor
AC	Striedavý prúd	Alternating current
DC	Jednosmerný prúd	Direct current
MŽP	Ministerstvo životného prostredia	Ministry of Environment
ČHMU	Český hydrometeorologický ústav	Czech Hydrometeorological Institute
LPS	Systém ochrany pred bleskom	Lightning protection system
LPL	Hladina ochrany pred bleskom	Lightning protection level
LPZ	Zóna bleskovej ochrany	Lightning protection zone
SPD	Prepät'ové ochranné zariadenie	Surge protection device
HVI	Izolované vysoké napätie	High voltage insulated
PE	Polyetén	Polyethene
PVC	Polyvinylchlorid	Polyvinylchloride
HOP	Hlavné ochranné pospojovanie	Main protective connection
EZS	Elektrický zabezpečovací systém	Electrical security system
PC	Osobný počítač	Personal computer
RFI	Rádiofrekvenčné rušenie	Radio Frequency Interference

RE	Elektromerový rozvádzač	Electric meter switchboard
LED	Elektroluminiscenčná dióda	Light Emitting Diode
DI	Digitálny vstup	Digital input
DO	Digitálny výstup	Digital output
AI	Analogový vstup	Analog input

Zoznam obrázkov

<i>Obrázok 2.1</i>	<i>Priebeh spotreby vody počas dňa.....</i>	<i>- 20 -</i>
<i>Obrázok 2.2</i>	<i>Mapa katastrálnych území pramenísk Nová Ves a Dubí [7].....</i>	<i>- 25 -</i>
<i>Obrázok 3.1</i>	<i>Budova trafostanice v areály prameniska N. Ves.....</i>	<i>- 28 -</i>
<i>Obrázok 3.2</i>	<i>Olejový transformátor T2 630kVA; 22/0,4kV.....</i>	<i>- 28 -</i>
<i>Obrázok 3.3</i>	<i>Nevyhovujúci systém LPS na budove trafostanice</i>	<i>- 30 -</i>
<i>Obrázok 3.4</i>	<i>Typizovaný zastaralý rozvádzač pre studne pramenísk N.Ves a Dubí</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Obrázok 3.5</i>	<i>Zastaralý technický stav technológií čerpania vody zo studní</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Obrázok 3.6</i>	<i>Monitorovanie kvality vody pomocou rýb (Siven americký)</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Obrázok 3.7</i>	<i>Pohľad na zastaralú studňu S7 prameniska Nová Ves.....</i>	<i>- 35 -</i>
<i>Obrázok 4.1</i>	<i>Štítok parametrov distribučného suchého transformátoru T1 [11].....</i>	<i>- 38 -</i>
<i>Obrázok 4.2</i>	<i>Výpočet dimenzií a skratových pomerov transformátora T2.....</i>	<i>- 43 -</i>
<i>Obrázok 4.3</i>	<i>Nový suchý transformátor T2 160kVA; 22/0,4kV.....</i>	<i>- 45 -</i>
<i>Obrázok 4.4</i>	<i>Tepelná ochrana transformátora.....</i>	<i>- 47 -</i>
<i>Obrázok 5.1</i>	<i>Zberné plochy pre úder do energetického objektu</i>	<i>- 50 -</i>
<i>Obrázok 5.2</i>	<i>Riziko R_1 na ľudských životoch bez ochranných opatrení</i>	<i>- 50 -</i>
<i>Obrázok 5.3</i>	<i>Riziko R_2 na verejných službách bez ochranných opatrení</i>	<i>- 50 -</i>
<i>Obrázok 5.4</i>	<i>Riziko R_1 na ľudských životoch s ochrannými opatreniami.....</i>	<i>- 51 -</i>
<i>Obrázok 5.5</i>	<i>Riziko R_2 na verejných službách s ochrannými opatreniami.....</i>	<i>- 51 -</i>
<i>Obrázok 5.6</i>	<i>Dodržanie dostatočnej vzdialenosti [12].....</i>	<i>- 52 -</i>
<i>Obrázok 5.7</i>	<i>Podporná rúrka pre vodič HVI long [13][12]</i>	<i>- 53 -</i>
<i>Obrázok 5.8</i>	<i>Stojan s betónovými podstavcami pre LPS systém DEHN [12]</i>	<i>- 54 -</i>
<i>Obrázok 5.9</i>	<i>Konštrukcia vodiča HVI® long [12]</i>	<i>- 54 -</i>
<i>Obrázok 5.10</i>	<i>Pripojovací prvok pre vodič HVI® long Ø 20 mm [12].....</i>	<i>- 55 -</i>
<i>Obrázok 5.11</i>	<i>Obvodový uzemňovač typu B [14].....</i>	<i>- 55 -</i>
<i>Obrázok 6.1</i>	<i>Opravený technický stav technológií čerpania vody zo studní</i>	<i>- 59 -</i>
<i>Obrázok 6.2</i>	<i>Frekvenčný menič so sínusovým filtrom.....</i>	<i>- 61 -</i>
<i>Obrázok 6.3</i>	<i>Poistková pripojovacia skriňa RIS pre napájanie studní</i>	<i>- 64 -</i>
<i>Obrázok 6.4</i>	<i>Typizovaný modernizovaný silnoprúdový rozvádzač studní.....</i>	<i>- 65 -</i>
<i>Obrázok 6.5</i>	<i>Typizovaný modernizovaný dátový rozvádzač studní.....</i>	<i>- 67 -</i>
<i>Obrázok 6.6</i>	<i>Pohľad na opravenú studňu S7 prameniska Nová Ves.....</i>	<i>- 69 -</i>

Zoznam tabuliek

<i>Tabuľka 2.1 Súčiniteľ dennej nerovnomernosti</i>	<i>- 21 -</i>
<i>Tabuľka 2.2 Distribúcia pitnej vody mesta Ostravy.....</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Tabuľka 3.1 Prehľad napäťových sústav vodohospodárskeho systému mesta Ostravy</i>	<i>- 26 -</i>
<i>Tabuľka 3.2 Namerané hodnoty odporov LPS systému</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Tabuľka 5.1 Triedy ochrany LPS podľa ČSN 62305-3 ed.2 [12]</i>	<i>- 53 -</i>
<i>Tabuľka 5.2 Maximálny interval medzi revíziami LPS</i>	<i>- 56 -</i>
<i>Tabuľka 6.1 Štítkové hodnoty vybraných frekvenčných meničov</i>	<i>- 62 -</i>
<i>Tabuľka 6.2 Špecifikácia riadiaceho systému studní</i>	<i>- 66 -</i>

Obsah

Úvod.....	- 17 -
1 Zoznámenie sa s problematikou projektu.....	- 18 -
1.1 Požiadavky pre tvorbu projektovej dokumentácie	- 18 -
1.2 Základne predpisy pre projektovanie	- 19 -
2 Analýza vodohospodárskych zdrojov	- 20 -
2.1 Hospodárenie s vodou	- 20 -
2.2 Zdroje vody	- 21 -
2.2.1 Povrchové zdroje vody	- 22 -
2.2.2 Podzemné zdroje vody	- 22 -
2.2.3 Čerpacia skúška	- 23 -
2.3 Výroba pitnej vody v meste Ostrava	- 23 -
2.3.1 Ochranné pásma vodných zdrojov	- 24 -
2.3.2 Pramenisko Nová ves a Dubí	- 24 -
3 Súčasný technický stav pramenísk Nová Ves a Dubí	- 26 -
3.1 Technologický popis vodohospodárskeho systému Ostrava	- 26 -
3.2 Napájanie elektrickou energiou.....	- 26 -
3.3 Súčasný technický stav systému LPS trafostanice	- 29 -
3.4 Súčasný technický stav technológií studní	- 30 -
3.4.1 Špecifikácia jednotlivých studní pramenísk	- 31 -
3.5 Diaľkové meranie, signalizácia a ovládanie.....	- 33 -
3.5.1 Meranie prietoku	- 33 -
3.5.2 Meranie kvality vôd.....	- 34 -
3.6 Dátová komunikácia.....	- 34 -
4 Optimalizácia energetického zdroja	- 36 -
4.1 Olejové transformátory a vplyv na životné prostredie	- 37 -
4.2 Výber nového transformátora.....	- 37 -
4.2.1 Parametre transformátora T1	- 37 -
4.2.2 Požiadavky na paralelný chod transformátorov	- 39 -
4.2.3 Zvolenie vhodného transformátoru T2	- 40 -
4.3 Technické riešenie.....	- 42 -

4.3.1	Výpočet skratových prúdov.....	- 42 -
4.3.2	Kobka vysokého napätia č. 5.....	- 44 -
4.3.3	Stanovisko transformátora T2	- 44 -
4.3.4	Rozvádzač RM1	- 46 -
4.3.5	Ochrany transformátora proti preťaženiu	- 46 -
4.3.6	Rozvádzač DT3	- 46 -
4.3.7	Úprava dimenzie transformátoru T1	- 47 -
4.3.8	Úprava softvéru a rozšírenie vizualizácie.....	- 47 -
4.4	Prevádzka a údržba zariadenia	- 48 -
4.5	Likvidácia odpadov	- 48 -
5	Návrh systému LPS energetického objektu.....	- 49 -
5.1	Popis energetického objektu.....	- 49 -
5.2	Analýza rizík	- 50 -
5.2.1	Určenie dostatočnej vzdialenosti.....	- 52 -
5.3	Technické riešenie.....	- 52 -
5.3.1	Zachytávaica sústava	- 53 -
5.3.2	Uzemnenie ochrany pred atmosférickým prepätím.....	- 55 -
5.4	Revízia a údržba zariadenia.....	- 56 -
6	Optimalizácia čerpaceho systému studní	- 58 -
6.1	Návrh pohonov čerpadiel a ich frekvenčných meničov	- 58 -
6.1.1	Výpočet pohonu pre čerpadlo.....	- 58 -
6.1.2	Návrh frekvenčného meniča.....	- 60 -
6.2	Technické riešenie.....	- 62 -
6.2.1	Napájanie rozvádzačov studní.....	- 63 -
6.2.2	Silnoprúdové rozvádzače.....	- 64 -
6.2.3	Svetelné a zásuvkové okruhy	- 65 -
6.2.4	Dátový rozvádzač	- 65 -
6.2.5	Technologické čidlá	- 67 -
6.2.6	Elektronický zabezpečovací systém	- 67 -
6.2.7	Požiadavky na káblové rozvody	- 68 -
7	Záver	- 70 -

7.1	Zhodnotenie optimalizácie energetického zdroja	- 70 -
7.2	Zhodnotenie optimalizácie bezpečnosti VHS	- 70 -
7.3	Zhodnotenie optimalizácie čerpaceho systému VHS	- 71 -
Zoznam príloh		I

Úvod

Zásobovanie vodou je potrebnou súčasťou každodenného života našej spoločnosti. Ak vezmeme do úvahy globálny stav týkajúci sa vody, klimatické zmeny a čoraz častejší výskyt sucha, voda sa stáva čoraz dôležitejšou strategickou hmotou. So zreteľom na tieto skutočnosti je pravdepodobné, že cena vody sa bude v budúcnosti zvyšovať. Do ceny za pitnú vodu sa vo veľkej miere podieľajú náklady za elektrickú energiu. Bez elektrickej energie by nebolo možné zabezpečiť chod niektorých zariadení a prístrojov, ako napríklad miešadiel vody, úpravovní vody, analýz akosti vody, dávkovacích zariadení a hlavne chod čerpadiel a čerpacích staníc.

V mnohých prevádzkach sa ale vyskytujú procesy, ktoré sú energeticky náročné, alebo javy, ktoré nepriaznivo ovplyvňujú spotrebu energie - napríklad vysoké úniky vody. Cieľom tejto diplomovej práce je optimalizovať jednotlivé prvky vodohospodárskeho systému, od zdroja až po úpravňu vody tak, aby bola účinnosť vodohospodárskeho zdroja priaznivá k aktuálnym podmienkam energetického zákona.

Predložená diplomová práca je zložená zo šiestich kapitol a každá z nich sa snaží výstižne načrtnúť základné problémy a súčasné riešenia danej problematiky.

Prvá kapitola sa venuje teoretickému objasneniu zásad pri spracovaní projektovej dokumentácie. Projektová dokumentácia je dôležitá pre každú stavbu alebo úpravu stavby. V prvej kapitole je určené v akom stupni bude spracovaná praktická časť diplomovej práce, bude sa jednať o dokumentáciu realizácie stavby.

Druhá kapitola diplomovej práce sa venuje teoretickej analýze spracovania pitnej vody, hospodárenia s vodou, vodných zdrojov a popis konkrétneho vodohospodárskeho systému mesta Ostrava. Diplomová práca sa zameriava na pramenisko Nová Ves a Dubina v meste Ostrava, kde sa nachádzajú studne Nová Ves č. I, IV, V, VII, VIII, XII, XIII, XIV, XV a Dubí č. D1, D2, D3, HP5, HP7, HV15.

Tretia kapitola diplomovej práce je zameraná na popis aktuálneho stavu vodohospodárskeho zdroja. Diplomová práca sa zaoberá tromi bodmi optimalizácie vodohospodárskeho zdroja a to :

- optimalizácia energetického zdroja,
- optimalizácia bezpečnosti prevádzky vodohospodárskeho systému,
- optimalizácia čerpaceho systému vodného zdroja.

V tretej kapitole je popísaný technický stav týkajúci sa týchto bodov pred optimalizáciou vodohospodárskeho systému.

Ďalšie kapitoly sa zaoberajú konkrétnymi riešeniami a návrhmi pre optimalizovanie technického stavu vodohospodárskeho zdroja tak, aby bola jeho účinnosť prípustná.

1 Zoznámenie sa s problematikou projektu

Spracovanie neupravenej vody z prírodných prameňov, jej úprava na potrebnú kvalitatívnu úroveň a následný transport upravenej, pitnej vody ku koncovým užívateľom predstavuje veľký rozsah technologických procesov. Množstvo týchto procesov je sprevádzané vysokou energetickou náročnosťou. Na základe zákona č. 3/2020 Sb., ktorým sa mení zákon č. 406/2000 Sb. o hospodárení energií, v znení neskorších predpisov, je nutné zamerať sa na energetickú optimalizáciu, pri ktorej nedôjde k zhoršeniu kvalitatívnych a kvantitatívnych parametrov. V prípade dimenzovania vodohospodárskeho zdroja je možné dosiahnuť zníženie energetickej náročnosti, náhradou zastaralých technológií.

V prospech optimalizácie vodohospodárskeho zdroja bude spracované technické riešenie viacerých technologických celkov :

- rekonštrukcia transformátora T2,
- oprava hromozvodu trafostanice,
- optimalizácia čerpacej sústavy studní,
- optimalizácia riadiaceho systému a diaľkového prenosu.

Technické riešenie pre optimalizáciu budú navrhované v závislosti na požiadavky a zvyklosti investora, ale tiež na základe príslušných noriem, vyhlášok a zákonov.

1.1 Požiadavky pre tvorbu projektovej dokumentácie

Projektová dokumentácia je dôležitá pre každú stavbu alebo úpravu stavby. Projektová dokumentácia sa kategorizuje na stupne projektovej dokumentácie, ktoré určujú rozsah príslušnej dokumentácie. Toto rozdelenie určuje vyhláška č. 405/2017 Sb., vyhláška, ktorou sa mení vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentácii stavieb v znení vyhlášky č. 62/2013 Sb., a vyhláška č. 169/2016 Sb. o stanovení rozsahu dokumentácie verejnej zákazky na práce a súpisu stavebných prác, dodávok a služieb s výkazom výmer.

V predprojektovej príprave sa jedná o stupeň:

- DUR - dokumentácia pre územné rozhodnutie – na základe tejto dokumentácie sa vydáva povolenie pre umiestnenie stavby.

V rámci projektu sa jedná o stupne:

- DSP - dokumentácia pre stavebné povolenie - na základe tejto dokumentácie sa vydáva povolenie o stavbe.
- DPS - dokumentácia pre vykonanie stavby - podklad pre vyhotovenie stavby (bez ohľadu na budúceho dodávateľa).

- DSPS - dokumentácia skutočného vyhotovenia stavby - táto dokumentácia zachytáva konečný stav stavby po dokončení všetkých stavebných úkonov.

Podľa vyhlášky č. 405/2017 Sb., budú všetky technické riešenia v rámci optimalizácie vodohospodárskeho zdroja projektované v stupni DPS (dokumentácia realizácie stavby).

Spracovanie projektovej dokumentácie v stupni pre vykonanie stavby, sa vykonáva z dôvodu vytvorenia detailného súpisu prác, artiklov a služieb. Všetko potrebné pre stanovenie rozsahu diela je podrobne uvedené v súbore, ktorý nesie názov výkaz výmer. Vo všeobecnosti sa dokumentácia skladá z technickej správy, ktorá popisuje technické údaje obsahujúce základné parametre dané predpísanými požiadavkami investora alebo noriem pre jednotlivé profesie, výkresovej časti s umiestnením strojov a zariadení, inštalačné výkresy a obvodové schémy, výkresy káblových trás vrátane pripojenia koncového zariadenia a inštrumentácie k obvodom merania a regulácie alebo riadiaceho systému. Ďalej sú súčasťou dokumentácie prehľadové plány napájania, komunikačné väzby riadiacich systémov, zoznamy strojov a zariadení a technická špecifikácia. [1]

1.2 Základne predpisy pre projektovanie

Projektovanie elektrických systémov a technológií v oblasti výstavby či rekonštrukcie zaisťuje projektant. Ten do projektu prenáša technické riešenia vyplývajúce z teoretických vedomostí a praktických znalostí, predpisov, zákonov, vyhlášok, noriem a všeobecných podmienok. Projektant, ktorý spracováva projektovú dokumentáciu časti elektro musí:

- mať príslušné vedomosti teoretickej elektrotechniky,
- poznať základné elektrotechnické predpisy, venovať pozornosť ich vývinu a orientovať sa v nich,
- mať praktické skúsenosti v odbore projektovania elektrických systémov a technológií,
- poznať vládne nariadenie, normy, vyhlášky, zákony vrátane sledovania ich vývoja.
- mať oprávnenie k projektovaniu elektrických zariadení podľa Vyhlášky č. 50/1978 Sb. Vyhláška Českého úradu bezpečnosti práce a Českého bánského úradu o odbornej spôsobilosti v elektrotechnike §10 Pracovníci na samostatné projektovanie a pracovníci na riadenie projektovania.

Normy, ktoré bolo potrebné dodržať pri návrhu optimalizácie vodohospodárskeho zdroja sú spomenuté v technických správach príslušných projektových dokumentácií. V každej technickej správe sa nachádzajú i základné údaje o stavbe, vstupné podklady, popísané technické riešenia, popisy pre dodržanie bezpečnosti práce a požiadavky na kvalifikáciu montážnych pracovníkov a pracovníkov údržby. [2]

2 Analýza vodohospodárskych zdrojov

2.1 Hospodárenie s vodou

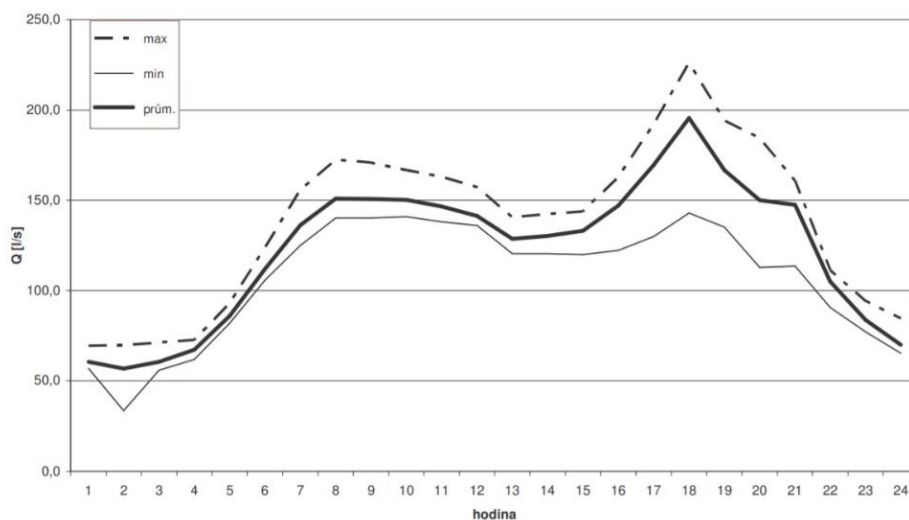
Dôležitosť dodávky vody je jedným zo základných podkladov pri návrhu vodohospodárskych zdrojov (úpravne vody, vodojemy, čerpacie stanice, vodné zdroje).

V súvislosti s dôležitosťou dodávky vody je nutné špecifikovať:

- potrebu vody, čo je kvantum vody definované za časovú jednotku, ktoré je nevyhnutné pre zaistenie dodávky vody zákazníkovi,
- spotrebu vody, čo je kvantum vody, ktoré zákazník reálne za dané časové obdobie odoberie.

Na spotrebe vody sa zúčastňujú domácnosti, priemysel, administratíva, cestovný ruch, poľnohospodárstvo a tiež straty vody. Straty vody môžu vzniknúť pri prevádzke vodných zdrojov, obsluhu, poruchách a opravách vodovodného systému. V súvislosti s optimalizáciou vodohospodárskych systémov je nutné uvažovať i s vodou potrebnou v prípade vzniku požiaru. Požiarna ochrana je súbor opatrení, ktorými sa zabráni vzniku požiaru či obmedzia jeho ničivé dôsledky. Požiarnym opatrením v sfére vodohospodárstva je požiarna voda.

Pri technickom riešení vodohospodárskeho systému je nutné kalkulovať s rozdielnym priebehom spotreby vody v čase. Cez deň sa vyskytujú v bilancii spotreby vody od zákazníkov dve špičky maxima, zvyčajne sa jedná o špičky okolo 7⁰⁰ a 19⁰⁰ hodiny, ktoré sú dané charakterom odoberateľa. Priebeh spotreby vody obyvateľstvom je znázornený na obrázku 1. Výskyt hodinových špičiek počas dňa nie je jediným dôležitým faktorom. Rovnako dochádza k denným špičkám spotreby vody v priebehu roka, v súvislosti od ročného obdobia.



Obrázok 2.1 Priebeh spotreby vody počas dňa

Nerovnomernosť spotreby sa neprejavuje iba pri odbere vody obyvateľstvom. Rozdiel spotreby sa objavuje aj u iných odberateľov, ktorými sú priemyselné, poľnohospodárske alebo iné podniky. Spracovanie nerovnomernosti sa v takýchto prípadoch rieši osobitne.

Nerovnomernosti sa vyjadrujú nasledujúcimi hodnotami:

- maximálna denná spotreba Q_m [$l \cdot s^{-1}$] - je priemerná denná spotreba vody znásobená súčiniteľom dennej nerovnomernosti k_d ,
- maximálna hodinová spotreba Q_h [$l \cdot s^{-1}$] – najväčšia spotreba vody za jednu hodinu v dňoch kedy je maximálna denná spotreba. Určuje sa z maximálnej dennej spotreby vody znásobením súčiniteľom nerovnomernosti za hodinu k_h .

Súčiniteľ dennej nerovnomernosti k_d sa stanovuje v závislosti od množstva obyvateľov v danom spotrebisku podľa tabuľky 1.

Súčiniteľ hodinovej nerovnomernosti k_h sa vyberá zo stanoveného rozsahu 1,6 - 2,6. Vyššie hodnoty súčiniteľa hodinovej nerovnomernosti sa používa u spotrebísk sídliskového charakteru.

Tabuľka 2.1 Súčiniteľ dennej nerovnomernosti

Množstvo obyvateľov	k_d (-)
do 1000	1,5
1000 – 5000	1,4
5000 – 20000	1,35
20000 - 100000	1,25

Pri optimalizácii vodárenskej sústavy je teda dôležité postupovať na základe vstupnej analýzy potreby a spotreby vody. Po určení kritérií, týkajúcich sa potreby a spotreby, je možné pristúpiť k optimalizácii vodárenskej sústavy. [3]

2.2 Zdroje vody

Zdroje vody sú definované ako miesta výskytu a zachytávania vody s účelom zásobovania obyvateľstva a priemyslu. Na zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou sa najčastejšie využívajú prírodné vodné zdroje. Voda sa získava zo zdrojov:

- povrchové zdroje vody,
- podzemné zdroje vody.

2.2.1 Povrchové zdroje vody

Povrchové zdroje vody sú charakteristické horšou kvalitou, často sa meniacou, preto vyžadujú vyššiu úroveň úpravy pred sprostredkovaním pre pitné účely. Povrchové vody sa získavajú z:

- Vodných nádrží, pomocou:
 - odberných veží,
 - brehových zachytáviadiel,
 - plávajúcich zachytáviadiel,
- alebo z vodných tokov:
 - dnovým zachytáviadiel,
 - brehových zachytáviadiel.

2.2.2 Podzemné zdroje vody

Podzemné zdroje vody sú charakteristické dobrou kvalitou, mnohokrát je prípustné vodu z podzemných zdrojov využívať buď bez úprav, alebo len s minimálnou úpravou. Podzemné vody sa získavajú pomocou:

- Horizontálne zachytáviadlá:
 - záchytný zberač,
 - zberná studňa,
 - revízne šachty.
- Vertikálne zachytáviadlá:
 - šachtové studne - majú kruhový prierez s najmenším vnútorným priemerom 1 m a budujú sa len do menších hĺbok 5 až 12 m,
 - vŕtané studne - realizujú sa vtedy, keď sa získava voda z hlbších ložísk vody pod terénom, vtedy ak je stavbu šachtových studní z technických príčin nemožné zrealizovať alebo vtedy, keď vodu treba získať zo zvodnených vrstiev väčším počtom studní,
 - radiálne studne – realizujú sa vtedy, keď je predpokladaný veľký odber vody, pretože radiálne studne umožňujú krátkodobé preťaženie odberom. Radiálne studne sú dobre prispôsobivé nerovnomernému odberu vody, čo je dôsledkom kolísania spotreby v sieti. Technické riešenie radiálnych studní vzniklo spojením vlastností vertikálnych a horizontálnych zachytáviadiel.

Na čerpanie vody z vodných zdrojov sa používajú čerpadlá, prípadne iné vhodné technologické zariadenia. Použitie čerpadla je nutné zvoliť na základe technologického projektu. Inštalácia čerpadla musí byť vykonaná podľa montážneho pokynu výrobcu tak, aby sa zamedzilo znečisteniu vody pri prevádzke.

2.2.3 Čerpacia skúška

Pre určenie výdatnosti vodného zdroja je potrebné urobiť čerpaciu skúšku. Čerpacie skúšky sa vykonávajú v čase minimálneho prietoku podzemného prúdu vody, najčastejšie v najsuchších letných obdobiach alebo eventuálne v najchladnejších zimných obdobiach, aby sa zistila minimálna výdatnosť vodného zdroja. Pri čerpacích skúškach je dôležité odčerpávať konštantné množstvo vody, ktoré slúži na meranie. Meranie výšky hladiny vody v čerpanej studni treba vykonávať aj niekoľkokrát denne. Pri neustálom odčerpávaní vody zo studne klesá hladina podzemnej vody, po určitom čase sa hladina stabilizuje. Stabilizovaný stav charakterizuje, že odčerpávané množstvo vody zo studne je zhodné s prítokom vody zo zachytávadlá do studne.

2.2.3.1 Doba trvania čerpacej skúšky

Doba trvania čerpacej skúšky je definovaná ako čas, ktorý je nevyhnutný na docielenie stabilizovaného stavu, záleží na mnohých okolnostiach a preto sa doba trvania čerpacej skúšky nedá dopredu stanoviť. Na základe technických skúseností je adekvátne predpokladať dobu trvania čerpacej skúšky v intervale od 2 až po 4 týždne. Pri každej výstavbe, rekonštrukcii alebo modernizácii studne je nutné predložiť záznam o vyhodnotení čerpacej skúšky. [4]

2.3 Výroba pitnej vody v meste Ostrava

V rámci mesta Ostrava má na starosti dodávku pitnej vody spoločnosť Ostravské vodárny a kanalizace a.s., (ďalej len OVAK a.s.). Táto spoločnosť zásobuje obyvateľov mesta Ostravy pitnou vodou z verejnej vodovodnej siete. Zhruba 35 až 40 % pitnej vody sa produkuje z podzemných zdrojov nachádzajúcich sa na území mesta Ostravy. Za rok je vyprodukovaných približne 6,5 až 7,5 miliardy m³ pitnej vody. Zbytok, ktorý tvorí 60 až 65% je odkupujúcich od spoločnosti Severomoravské vodovody a kanalizace a.s. (SmVaK a.s.), ktorá sprostredkováva upravenú pitnú vodu z povrchových vodných zdrojov – priehradové nádrže Kružberk, Šance a Morávka. [6]

Tabuľka 2.2 Distribúcia pitnej vody mesta Ostravy

Dĺžka vodovodnej siete	1 068 km
Dĺžka vodovodných prípojok	452 km
Počet vodovodných prípojok	32 363 ks
Počet vodomeroz zabudovaných v sieti	32 785 ks
Počet čerpacích staníc na sieti (ATS)	47 ks
Počet redukčných staníc	71 ks
Počet úpravární vody	1 ks
Počet vodojemov	14 ks
Objem vodojemov	40 180 m ³

2.3.1 Ochranné pásma vodných zdrojov

K ochrane výdatnosti a kvality zdrojov podzemných vôd sa vytyčujú ochranné pásma podľa zákona č. 312/2019 Sb. ktorým sa mení zákon č. 183/2006 Sb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov a zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o zmene niektorých zákonov (vodný zákon) v znení neskorších predpisov. Hospodárenie a prevádzka v ochranných pásmach vodných zdrojov sa riadi ustanovením pre ochranné opatrenia v jednotlivých pásmach tak, aby boli stanovené vodoprávnym uznesením.

2.3.2 Pramenisko Nová ves a Dubí

Pramenisko Nová Ves a pramenisko Dubí sa nachádzajú v katastrálnom obvode Zábřeh nad Odrou, Svinov a Nová Ves u Ostravy. Na tomto území je vybudovaná infraštruktúra podzemných zdrojov vody. Infraštruktúra podzemných vôd je situovaná juhozápadne vzhľadom k centru mesta Ostravy a vytvára dve samostatné prameniská: Nová Ves a Dubí, tieto dve prameniská sú v dlhodobej prevádzke. Územím vedie tok rieky Odra, ktorá je hlavným recipientom oblasti.

Hydrologickou rekognoskáciou sa preukázalo, že medzi oboma zachytávacími územiami jestvuje hydraulický vzťah, a preto režim odberov v zachytávačom území spôsobuje ich vzájomné ovplyvňovanie a rozsah jednotlivých odberov ovplyvňuje polohu hydrologickej rozvodnice.

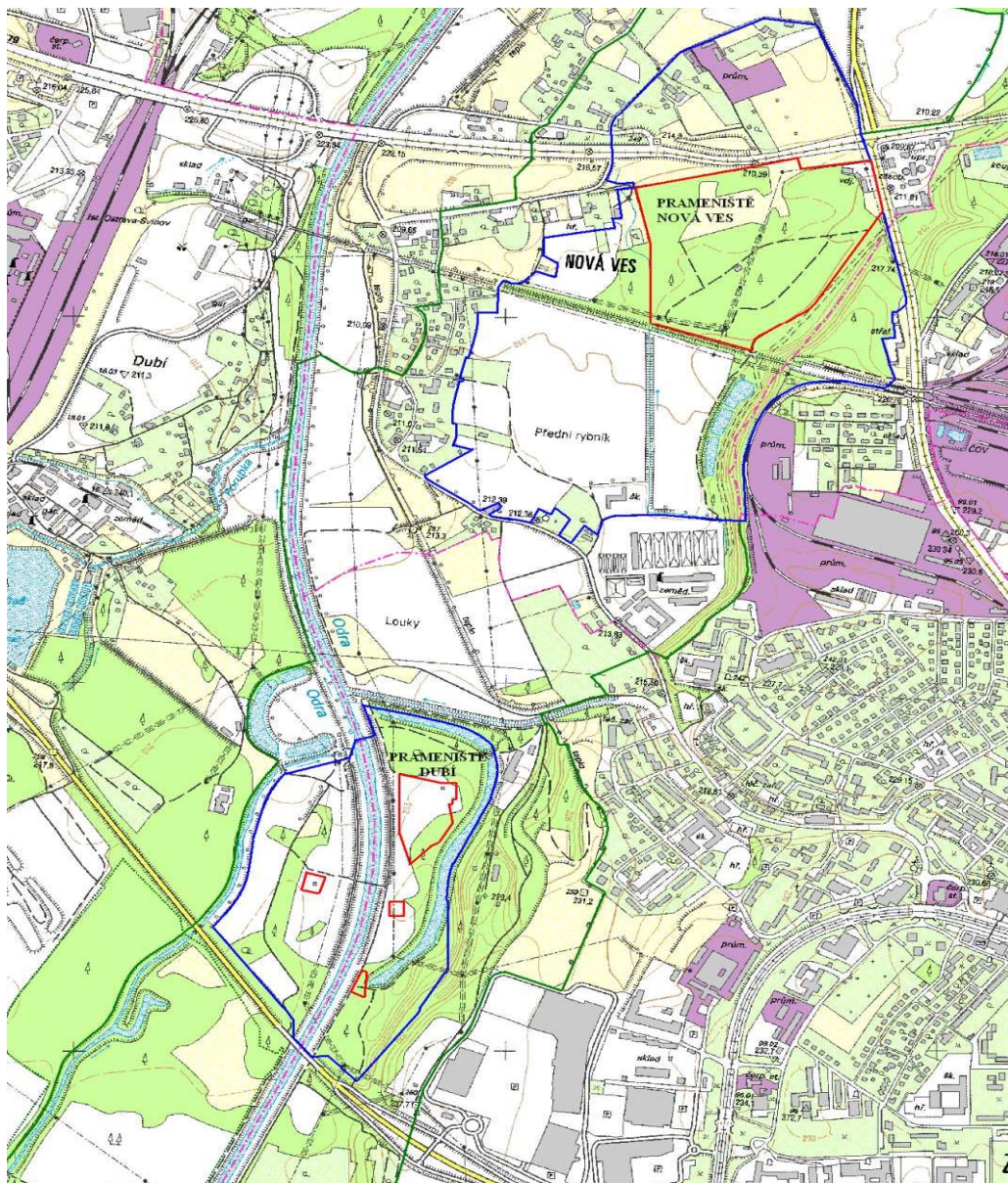
Miesto odberu má definované ochranné pásmo vodného zdroja 1. a 2. stupňa (endogénne a exogénne), schválené vodoprávnym úradom.

Neupravená voda pre pitné zámery sa vyčerpáva z oboch dvoch pramenísk výtlačnými systémami na Úpravňu vody Ostrava – Nová Ves. Pramenisko Nová Ves a Dubí slúžia k zachytávaniu podzemnej vody s cieľom výroby pitnej vody a v čase odstávok úpravne vody sa z prameniska Nová Ves čerpá voda so zámerom znižovania hladiny podzemnej vody.

Prevádzkovanie pramenísk je pod trvalým dozorom hydrologickej firmy, ktorá má za úlohu optimalizáciu získavania vôd z jednotlivých zdrojov tak, aby bolo možné získavať z tohto územia maximálne množstvo neupravenej vody, schválené kompetentným vodoprávnym výmerom a túto vodu spracovať na pitnú vodu s vyhovujúcou kvalitou.

Nespracovaná voda je čerpaná ponornými čerpadlami z prameniska Nová Ves zo studní č. I, IV, V, VII, VIII, XII, XIII, XIV, XV a z prameniska Dubí zo studní a vrtov D1, D2, D3, HP5, HP7, HV15 na Úpravňu vody Ostrava – Nová Ves. V prípade nutnosti je možné vodu z periférnych studní prameniska Nová Ves I, VII, IX a X čerpať ponornými čerpadlami z prameniska Nová Ves bez ďalších spracovaní do kanalizácie a následne do Červeného potoka, takouto metódou je pramenisko ochránené pred možnou kontamináciou z okolia.

Pre zachovanie výdatnosti osobitných studní alebo vrtov sa musí realizovať regenerácia studní minimálne 1 x za 7 rokov. Účelom je očistiť vybavenie vrtu alebo studne a zhodnotiť jeho technickú kondíciu. [7]



Obrázok 2.2 Mapa katastrálnych území pramenísk Nová Ves a Dubí [7]

3 Súčasný technický stav pramenísk Nová Ves a Dubí

Technologické celky, ktoré boli v dobe pred optimalizáciou vodohospodárskeho systému (jún v roku 2019) inštalované v súvislosti s prameniskom Nová Ves a Dubí, vykazovali opotrebovaný a morálne zastaralý stav. [6]

3.1 Technologický popis vodohospodárskeho systému Ostrava

Kompletný vodohospodársky systém spočíva v poloautomatickej prevádzke, riadenej od hladinových úrovní vo vodojeme a v akumuláčnej nádrži v Úpravni vody Nová Ves (ďalej len ÚV N. Ves) a v studniach pramenísk tak, že voda odoberaná z vodojemu do spotrebiska je dočerpávaná z nádrží predčistenej vody v ÚV N. Ves a voda je do nádrží predčistenej vody doplňovaná ovládaným čerpaním zo studní cez úpravňu vody.

Zmyslom riadenia prevádzky je dosiahnuť nepretržitého chodu čerpadiel v studniach bez zastavenia ich chodu, z dôvodu zamedzenia zaokrovania a zapieskovania studní striedavým zavzdušňovaním vodonosných vrstiev a rozdielnym prúdením podzemnej vody. To sa dosiahne čerpaním vody v dovolenom objeme, ktorý je blízky výdatnosti jednotlivých studní.

Nepretržitej prevádzke napomáha vhodná pracovná charakteristika ponorných čerpadiel v studniach, ktoré s úbytkom prevádzkovej hladiny v studni automaticky redukuje čerpanie množstva vody a naopak. Pri zotrvačnom znížení potreby vody je žiaduce redukovať čerpanie vody kombináciou studní s nižším výkonom alebo v určitom prípade škrténím výtlakov ponorných čerpadiel v studniach. [6]

3.2 Napájanie elektrickou energiou

Technologické celky vodohospodárskeho zdroja sú napájané elektrickou energiou zabezpečenou cez energetické linky č. 175 a 99 do budovy trafostanice na pramenité Nová Ves a odtiaľ cez dlhé rozvody VN a NN do jednotlivých objektov v areáli úpravne vody.

Tabuľka 3.1 Prehľad napäťových sústav vodohospodárskeho systému mesta Ostravy

Napäťová sústava VN	
Napájanie transformátoru	3 ~ 50Hz, 22kV/IT
Napäťová sústava NN:	
Napájanie od transformátoru	3/PEN AC 400/230V 50Hz / TN-C
Napätie rozvádzačov NN	3/PEN AC 400/230V 50Hz / TN-C
	3/PEN AC 400/230V 50Hz / TN-C-S
	1/PEN AC 230V 50Hz / TN-S

Napätie rozvádzačov NN	2 PE DC 24V/PELV 2 PE DC 24V/PELV
	2 PE DC 12V/PELV

Rozvodňa 22kV, situovaná v areále prameniska Nová Ves má dôležitosť dodávky el. energie posudzovanú ako stupeň 2, to znamená, že je pripojená na dva napájacie zdroje distribučnej rozvodnovej sústavy s napäťovou hladinou 22kV a prevádzka je zaistená použitím dvoch na sebe nezávislých transformátorov, pričom každý z nich je schopný zaručiť plný výkon. Rozvodňa 22kV je napájaná voľným vedením VN 22kV z linky číslo 175 a taktiež z linky číslo 99. Linka číslo 175 je ukončená v kobke trafostanice, ktorá je označená ako Kobka č.1, linka číslo 99 je ukončená v kobke č. 2. Vzájomná prevádzka oboch liniek je neprípustná, z tohto dôvodu je vykonané blokovanie medzi oboma linkami pomocou mechanického uzamknutia tiahla odpojovača záložnej linky.

Pre napájanie studien prameniska sú umiestnené v trafostanici transformátory T1 a T2. Transformátor T1 má výkon 160 kVA a napäťový pomer 22/0,4kV, jedná sa o suchý transformátor. Transformátor T2 má tieto parametre: výkon - 630kVA a napäťový pomer 22/0,4kV, jedná sa o olejový transformátor. Transformátory T1 a T2 slúžia pre napájanie rozvádzača RM1, z ktorého su vedené vývody pre lokálne rozvádzače studní v pramenisku.

V objekte trafostanice sa nachádza tiež prevodové trafo T3 s výkonom 1000kVA a napäťovým pomerom 22/6kV. Transformátor T3 slúži pre napájanie rozvádzače RM6, ktorý je umiestnený v objekte strojovne. Z rozvodne je vyvedený káblový prívod 22kV zakončený v budove prevodového transformátora T4 22/0,4kV, 630kVA, ktorý sa nachádza v objekte Úpravne vody N. Ves. Z transformátoru T4 je napájaný hlavný rozvádzač NN označený ako RH1, ktorý slúži pre napájanie ÚV N. Ves. [6]



Obrázok 3.1 Budova trafostanice v areály prameniska N. Ves

Aktuálne vyhotovenie transformátorov T1 a T2 neumožňuje ich paralelné prevádzkovanie. Transformátor T1 je v dobrom technickom stave a bol inštalovaný namiesto olejového transformátora v roku 2009, transformátor T2 je technicky zastaraný a nespĺňa požiadavky na ekologickú bezpečnosť vzhľadom na jeho olejovú náplň a inštaláciu v ochrannom pásme vodného zdroja. [6]



Obrázok 3.2 Olejový transformátor T2 630kVA; 22/0,4kV

3.3 Súčasný technický stav systému LPS trafostanice

Aktuálny stav ochrany pred atmosférickým prepätím, ktorý je realizovaný na objekte trafostanice nie je vyhovujúci. Systém LPS je zhotovený podľa ČSN 34 1390 s platnosťou v dobe realizácie. Základné údaje o systéme LPS:

- **Typ chráneného objektu:** vodohospodárske využitie – rozvodňa napájania ÚV a studní.
 - **Trieda LPS:** nie je stanovená.
 - **Materiál strechy:** asfaltová lepenka, atiky z oceleového plechu.
 - **Použitý materiál na zemniče:** nezistené, prívod k zemniču FeZn 40x3 mm.
 - **Použitý materiál na zvody:** FeZn 40x3 mm.
 - **Použitý materiál na spojenie zemničov a zvodov:** typizované svorky.
 - **Typ usporiadania zemniacej sústavy:** nezistené
 - **Vyhotovenie zachytavacej sústavy:** zachytávač.
 - **Počet zvodov, zemničov:** 1, 1.
 - **Potenciálové vyrovnanie silnoprúdových elektroinštalácií:** nevyhotovené.
 - **Potenciál. vyrovnanie rádiokomunikačných elektroinštalácií:** nevyhotovené.
- [11]

Tabuľka 3.2 Namerané hodnoty odporov LPS systému

Uzemnenie zvodu s označením č.2	$R_z \dots 3,5 \, \Omega$
Prechodové odpory svoriek	$R_p \dots < 0,1 \, \Omega$

Meraním a výpočtom bolo overené, či zariadenie vyhovuje ochrane pred bleskom. Na streche nie je vykonané výstražné označenie z hľadiska nebezpečia úrazu od VN a to zo všetkých strán atík, kde je pravdepodobnosť vzniku takéhoto nebezpečenstva. Jeden zvod a jeden hlavný jímač odpovedá dobe vzniku LPS podľa ČSN 34 1390, alebo ešte skorším predpisom. Zariadenie pre ochranu pred bleskom podľa súboru noriem ČSN EN 62 305 (ed.2, ČSN EN 62 305-2 ed.2, ČSN EN 62 305-3 ed.2, ČSN EN 62 305-4 ed.2), nevyhovuje požiadavkom tejto aktuálne platnej normy. Konkrétnym návrhom LPS sa zaoberá ČSN EN 62 305-2 ed.2, ČSN EN 62 305-3 ed.2.



Obrázok 3.3 Nevyhovujúci systém LPS na budove trafostanice

3.4 Súčasný technický stav technológií studní

V každej funkčnej studni je inštalované ponorné čerpadlo, ktoré je napájané z rozvádzača, ktorý je umiestnený v nadzemnom kiosku studne. Čerpadlá sú prevádzkované so spúšťaním hviezda-trojuholník (Y/D). Rozvádzače sú vybavené programovateľným automatom SIMATIC S7-200. Po navolení automatického režimu pre ovládanie čerpania v studniach sú čerpadlá spúšťané nadradeným riadiacim systémom celej úpravne vody vo vzájomných väzbách. Zároveň je možné studne diaľkovo monitorovať a ovládať z obslužných počítačov z dozorne ÚV Nová Ves, alebo aj z centrálného dispečingu spoločnosti OVAK a.s., okrem monitorovania prevádzky čerpadiel sú monitorované aj dôležité veličiny ako hladiny v studniach, čerpané množstvá a nepovolený vstup do objektov. [6]



Obrázok 3.4 Typizovaný zastaralý rozvádzač pre studne pramenísk N.Ves a Dubí

3.4.1 Špecifikácia jednotlivých studní pramenísk

Studne pramenisko Nová Ves č. I, IV, V, VII, VIII, IX, X

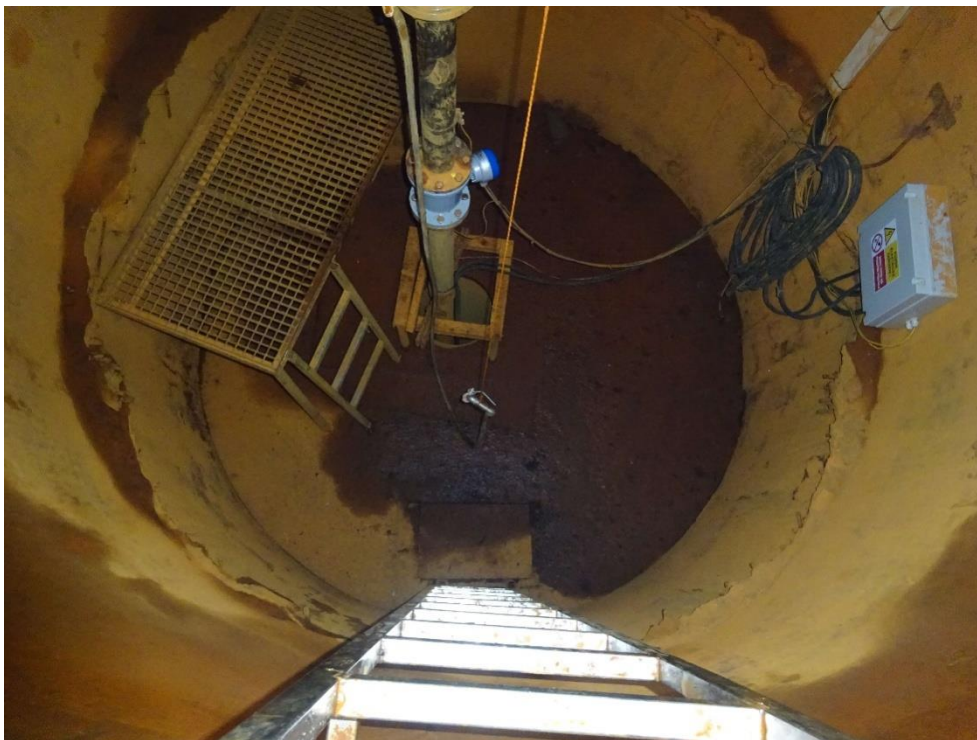
Skupina studní, ktoré sa nachádzajú v oblasti prameniska Nová Ves sú vybavené čerpadlom, ktoré je možné ovládať manuálne z dverí rozvádzača. Čerpadlá studní pri manuálnom riadení nie sú blokované od minimálnej hladiny v studniach. Ručné ovládanie sa vykonáva len pri servisných zásahoch. Meranie prietoku čerpanej vody sa realizuje na výtlaku čerpadiel a meraný prietok je registrovaný v príslušnom rozvádzači. Studne je možné ovládať taktiež diaľkovo v automatickom režime prostredníctvom nadriadeného riadiaceho systému úpravne. Automatický režim je prevádzkovým režimom základným a čerpadlá sú v tomto režime blokované proti chodu na sucho.

Studne pramenisko Nová Ves č. XII, XIII, XIV, XV

Ďalšia skupina studní, ktoré sa nachádzajú v oblasti prameniska Nová Ves, je vybavená čerpadlami, elektrickými šúpatkami, indukčnými prietokomermi a elektrickými snímačmi hladiny. Čerpadlá je možné ovládať manuálne z dverí rozvádzača, čerpadlá studní pri manuálnom riadení nie sú blokované od minimálnej hladiny v studniach. Dôležité signály o chode a poruche čerpadiel sú vyvedené na dvere príslušných rozvádzačov. Čerpadlá je možné ovládať i v automatickom režime, kde sú uplatnené väzby s elektrickými šúpatkami, ktoré sú inštalované na výtlakoch čerpadiel. Elektrické šúpatka plnia funkcie otváranie a zatváranie prietoku v potrubí, tieto funkcie je možné ovládať ručne z dverí rozvádzača, alebo automaticky s väzbami na príslušné čerpadlo. Meranie prietoku čerpanej vody sa vykonáva pomocou indukčných prietokomerov na výtlaku čerpadiel. Signály o okamžitom a súčtovom prietoku zo studne sú vedené na riadiaci systém studne. Na riadiaci systém v studni je privedený i analógový signál z ponornej tlakovej sondy, ktorá udáva informáciu o aktuálnej výške hladiny v studni. Dôležité signály a informácie sú z rozvádzačov týchto studní prenášané na riadiaci systém úpravne vody, pomocou metalických a optických káblov. Výška hladiny v studni je zobrazená tiež na displeji umiestnenom na rozvádzači studne.

Studne a vrty pramenisko Dubí č. D1, D3, D4, HV15, HP5, HP7

Skupina studní a hlbinných vrtov, ktoré sa nachádzajú v oblasti prameniska Dubí, je vybavená čerpadlom, ktoré je možné ovládať manuálne z dverí rozvádzača, alebo v automatickom režime z riadiaceho systému úpravne vody. Čerpadlá studní pri manuálnom riadení nie sú blokované od minimálnej hladiny v studniach. Meranie prietoku čerpanej vody sa vykonáva na výtlaku čerpadiel a signály o meranom prietoku na výtlaku čerpadla a o aktuálnej hladine v studni sú vedené na riadiaci systém studne. Diaľkové ovládanie všetkých studní vo vzájomných väzbách v automatickom režime je vykonávané z riadiaceho systému úpravne vody. Diaľkové ovládanie a monitorovanie je realizované za pomoci rádio- modemu. [6]



Obrázok 3.5 Zastaralý technický stav technológií čerpania vody zo studní

3.5 Diaľkové meranie, signalizácia a ovládanie

Z každej studne sú prenášané na počítač dozorne ÚV Nová Ves a na centrálny dispečing spoločnosti OVAK a.s tieto hodnoty:

- prietok (l/s);
- množstvo vody (m³);
- hladina (m);
- elektrický zabezpečovací systém (EVS) – vstup do objektu;
- odoberaný elektrický prúd (A);
- elektrické napätie v rozvádzači (V);
- stavy z koncových spínačov šúpatka na výtlaku čerpadla;
- informácia o chode čerpadla;
- prepäťová ochrana – bez poruchy.

3.5.1 Meranie prietoku

Čerpaná voda je meraná indukčnými prietokomerami, ktoré sú inštalované v každej studni. Celkový prietok z prameniska Dubí je meraný indukčným prietokomerom umiestneným v armatúrnej šachte v areáli studne D3 v pramenisku Dubí, jedná sa o kontrolné meranie.

Pre overenie imperatívu vodoprávneho rozhodnutia pre manipulovanie s vodami je prietok na odtoku z prameniska Nová Ves meraný v posúvačovej komore ktorá sa nachádza v pramenisku Nová Ves. Prietokomery pre meranie množstva vody z hydraulickej bariéry a z prameniska Dubí sú umiestnené v šachtách pred šúpatkovou komorou. Odpočet prietokomerov sa vykonáva na displeji v šúpatkovej komore. Signály zo všetkých prietokomerov sú vedené na riadiaci systém.

Za monitorovanie a vyhodnotenie koncentrovaného množstva podzemných vôd zodpovedá vedúci strediska technológie úpravy vody. [6]

3.5.2 Meranie kvality vôd

Monitorovanie kvality vody je vykonané podľa požiadavkou hydrogeológov, ktoré na základe zmluvného pomeru majú hydrogeologický monitoring území pramenísk Nová Ves a Dubí. Odber vzoriek neupravenej vody sa vykonáva na základe platného vzorkovacieho plánu. Kvalita vody je tiež sledovaná pomocou rýb, ktoré sú umiestnené v akváriu v priestore filtračných staníc ÚV. [6]



Obrázok 3.6 Monitorovanie kvality vody pomocou rýb (Siven americký)

3.6 Dátová komunikácia

Komunikácia všetkých periférií riadiaceho systému v studniach je realizovaná pomocou metalických káblov. Všetky signály zo studní sú dátovou linkou Profibus vedené do rozvádzača DT2, ktorý sa nachádza v objekte trafostanice, kde sú tieto dátové kanále presmyčkované a výsledný signál je vyvedený pomocou optických káblov do rozvádzača RB1, ktorý sa nachádza vo veľine objektu ÚV Nová Ves, z rozvádzača RB1 sú dáta vedené na vizualizáciu do hlavného dispečerského počítača v úpravni Nová Ves.

Dispečerský počítač je vybavený vizualizačným softvérom SCX SCADA, na ktorý sú jednotlivými komunikačnými linkami pripojené dáta z pramenísk Dubí a Nová Ves.

Tento počítač je súčasťou rozsiahleho dispečerského systému spoločnosti OVAK a.s. a umožňuje komunikáciu aj s centrálnym pracoviskom dispečingu na ul. Vdovská a ďalšími určenými počítačovými pracoviskami, ktoré sú súčasťou tohto dispečerského systému. [6]



Obrázok 3.7 Pohľad na zastaralú studňu S7 prameniska Nová Ves

4 Optimalizácia energetického zdroja

V rámci optimalizácie vodohospodárskeho zdroja je v tejto diplomovej práci riešená výmena existujúceho olejového transformátora T2 (22/0,4kV, 630kVA) v trafostanici prameniska Nová Ves v Ostrave. Transformátor bude navrhnutý tak, aby v prípade nutnosti bolo možné prevádzkovať transformátor T2 v paralelnom chode s transformátorom T1 (22/0,4kV, 160 kVA), ktorý bol vymenený v roku 2009.

V prípade výmeny transformátora je potrebné realizovať zmeny v elektrotechnickej časti stávajúcej trafostanice, ale tiež i stavebné úpravy stanovišťa v kobke transformátora. V prípade výmeny za nový transformátor je potrebné vykonať tieto úkony:

- Demontáž existujúceho olejového transformátora T2 (630kVA).
- Ekologická likvidáciu demontovaného olejového transformátora T2.
- Dodávka a montáž nového suchého transformátora T2 s požadovanými parametrami.
- Vybavenie nového transformátoru T2 ochrannými prvkami.
- Zmena dimenzie poistiek na strane VN v rozvodni 22kV.
- Dodávka a montáž konštrukcie s izolátormi VN pre napájanie primárneho vinutia nového transformátora T2.
- Úprava konštrukcie pre rozstupy koľajníc pre nový transformátor T2.
- Demontáž existujúceho vedenia v trafokobke T2 pre napojenie primárneho a sekundárneho vinutia starého transformátora T2.
- Dodávka a montáž nových vodičov pre napojenie primárneho a sekundárneho vinutia nového transformátora T2.
- Zmena dimenzie prírodného ističa od transformátora T2 v rozvádzači RM1.
- Doplnenie rozvádzače DT3 o nové vyhodnocovacie zariadenia ochrán nového transformátora T2 a vedenie signálov z ochrán transformátora na riadiaci systém v DT3.
- Dodávka a montáž kabeláže pre ochranné prvky nového transformátora T2.
- Rozšírenie vizualizácie na dispečerských pracoviskách.

Pri výmene transformátora T2 nie je potrebné vykonávať tieto úkony:

- Výmena silových napájacích káblov NN z trafokobky T2 do rozvádzača RM1 (zostávajú staré – majú vhodnú dimenziu a neopotrebovaný stav).
- Úpravy zemniacej sústavy trafostanice (je využitá existujúca uzemňovacia sieť).

4.1 Olejové transformátory a vplyv na životné prostredie

Pri prevádzke výkonových aj distribučných transformátorov je možné, že dôjde k úniku oleja z príčiny prevádzkovej netesnosti plášťa alebo technologickej závady zariadení.

Vo vodohospodársky rizikových oblastiach (napr. ochranné pásma vodných zdrojov) podľa Zákona č. 312/2019 Sb. zákon, ktorým sa mení zákon č. 183/2006 Sb. O územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov a zákon č. 254/2001 Sb. O vodách a o zmene niektorých zákonov (vodný zákon) v znení neskorších predpisov, bez zachytých nádrží nie je možné prevádzkovať výkonové transformátory s olejovou náplňou preto, aby nedošlo k poškodeniu životného prostredia. Konštrukcie výkonových transformátorov sú preto zabezpečené zachytávačmi zaústenými do bezodtokovej havarijnej nádrže, ktorá je konštruovaná podľa platných stavebných noriem tak, aby bola schopná pojať stanovený objem uniknutého oleja z transformátora, alebo sa uprednostňujú riešenia použitím suchých transformátorov.

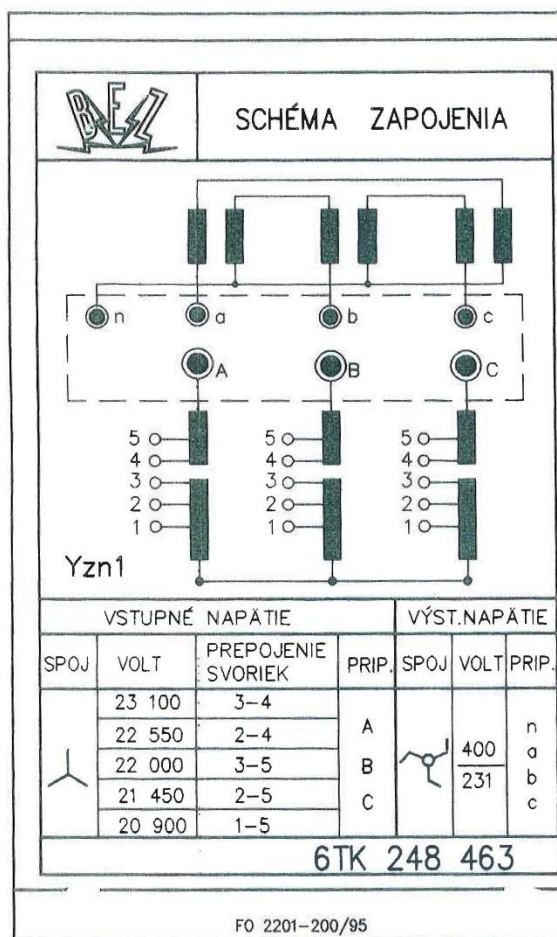
Keďže v rozvodni VN je použitý starý olejový transformátor 630kVA s napäťovým pomerom 22/0,4kV, ktorý nie je vybavený oleja nepriepustnou vaňou, je nutné tento transformátor nahradiť tak, aby splňal zásady pre ochranu životného prostredia. Vzhľadom k výmene transformátora T1 v roku 2009 na transformátor v suchom prevedení, budem navrhovať v tejto diplomovej práci nahradenie transformátora T2 za suchý transformátor s parametrami vhodnými pre paralelný chod transformátorov T1 a T2.

4.2 Výber nového transformátora

Nový transformátor T2 musí parametrami byť schopný paralelného chodu s transformátorom T1. Hlavným kritériom pre výber transformátora sú čo najnižšie obstarávacie náklady, prevádzkové náklady a spoľahlivosť.

4.2.1 Parametre transformátora T1

Transformátor T1 je v dobrom technickom stave a bol inštalovaný namiesto olejového transformátora v roku 2009, jedná sa o transformátor od výrobcu BEZ TRANSFORMÁTORY, a.s.. Parametre transformátora T1 sú zrejmé zo štítku transformátora, ktorý je na obrázku 4.1.



**BEZ TRANSFORMÁTORŮ
BRATISLAVA**

**OSVEDČENIE O AKOSTI
A KOMPLETNOSTI VÝROBKU**

CERTIFICATE OF QUALITY

**3 FÁZOVÝ TRANSFORMÁTOR
PHASE TRANSFORMER**

Výrobný príkaz
Working No. 1451-14696

Typ type	aTSE 712/22
Číslo stroja Ser. No.	342145
Výkon Power	160 kVA
Napätie VN Voltage HV	22000+-2x2.5% V
Napätie NN Voltage LV	400/231 V
Spojenie Connection	Yzn1
u _k	5.99 %
Hmotnosť Mass	1000 kg

**STROJ VYHOVIEI NORME
SATISFIED TO STANDARDS**

STN EN 60076

**DÁTUM:
DATE:** **BEZ TRANSFORMÁTORŮ, a.s.**
Vstupná kontrola
KONTROLOVAL:
CONTROL : Bratislava
(1)

FO 1301 094 / 95

Obrázok 4.1 Štítok parametrov distribučného suchého transformátoru T1 [11]

Transformátor T1 je istený na primárnej strane transformátora poistkami XJ25/16A umiestnenými v kobke č.4 v rozvodni 22kV.

4.2.2 Požiadavky na paralelný chod transformátorov

- **Rovnaký prevod**

Pri rozdielnom prevode bude medzi jednotlivými transformátormi tiecť vyrovnávací prúd indukčného charakteru a tento prúd bude citeľný už pri nepatrnom rozdiely v prevodovom pomere. Induktívne prúdy nie sú závislé na zaťažení a z tohto dôvodu zaťažujú transformátor s nižším prevodom. Hodnota vyrovnávacieho prúdu pretekajúceho transformátorom je ohraničená iba vnútornou impedanciou transformátora. Z teórie teda vyplýva, že čím väčšie napätie nakrátko budú paralelne zapojené transformátory mať, tým menšie vyrovnávacia prúdy pri nezhodnom prevode potečú. Medzinárodné nariadenia dovoľujú napäťovú odchýlku 0,1% hodnoty napätia nakrátko a súčasne nesmie odchýlka prekročiť hodnotu 0,5%.

- **Rovnaké napätie nakrátko**

Túto podmienku nie je možné presne dodržať z dôvodu, že medzi jednotlivými transformátormi bude napätie nakrátko vždy zľahka odlišné. Tolerancia je stanovená odchýlkou $\pm 10\%$. Pri paralelnom chode dvoch transformátorov s odlišným napätím nakrátko zvýšime postupne zaťaženie, kým veľkosť úbytku napätia na jednom transformátore bude zhodná s jeho napätím nakrátko. V momente, kedy bude toto dosiahnuté, transformátor sa dostane na hodnotu menovitého zaťaženia, preto transformátor s vyšším napätím nakrátko bude zaťažovaný menším výkonom, ako je jeho menovitý. Pri nasledujúcom zvyšovaní zaťaženia by dochádzalo k preťažovaniu transformátora s menším napätím nakrátko a z toho rezultuje, že pri nerovnosti napätí nakrátko jednotlivých transformátorov nedokážeme zužitkovať ich maximálny menovitý výkon a môžeme tieto transformátory ľahko preťažiť.

Pri viditeľnej odchýlke napätia nakrátko je možné do série s transformátorom, ktorý má menšie napätie nakrátko, zapojiť tlmivku. Tiež je možné použiť transformátory s rôznymi prevodmi, tak aby transformátor s väčším napätím nakrátko mal na sekundárnej strane väčšie napätie naprázdno. Pri takejto možnosti vzniká vyrovnávací prúd, ktorý odľahčuje preťažený transformátor a zaťažuje ten menej zaťažený. Pri paralelnom chode transformátorov, ktoré sú od seba dostatočne vzdialené, nemá napätie nakrátko vplyv na zaťaženie transformátorov z dôvodu impedancie vodičov. Pri paralelnom chode transformátorov s rozdielnym napätím nakrátko musí sústroje transformátorov preniesť aspoň 95% súhrnného výkonu.

- **Rovnaký hodinový uhol**

Súhlasnosť fáz výstupných napätí možno splniť bez problémov u jednofázových transformátorov, problém nastáva u transformátorov trojfázových, kde túto podmienku nie je možné splniť zakaždým. V praxi sa najčastejšie objavujú transformátory s hodinovými uhlami 0; 1; 5; 6; 11. Pri zapojení transformátorov s nezhodným hodinovým uhlom vzniká fázový posun napätia, vďaka fázovému posunu vznikajú vyrovnávacie prúdy, pričom pri nezhode o 1 hodinu vzniká vyrovnávajúcí prúd až 25% menovitého prúdu. Z toho vyplýva, že

transformátory s rozdielnym hodinovým uhlom musia byť správne zapojené, v inom prípade nie je možná paralelná spolupráca.

- **Pomer menovitých výkonov**

Transformátory pri paralelnom chode by sa nemali od seba líšiť viac ako v pomere výkonov 1:3. Pre docielenie dobrého využitia menovitých výkonov transformátorov_ je dôležité, aby transformátor s väčším výkonom mal menšie napätie nakrátko. [8]

4.2.3 Zvolenie vhodného transformátoru T2

Transformátor T2 pre splnenie požiadaviek pre paralelný chod s transformátorom T1 je zvolený v zhodnom type s transformátorom T1. Transformátor T2 je zvolený s nasledujúcimi parametrami:

• Typ:	aTSE 717/22
• Menovité napätie:	22 / 0,4kV ($\pm 2 \times 2,5\%$)
• Menovitý výkon:	160kVA
• Izolačné hladiny (Um/AC/LI):	25/50/125kV
• Frekvencia:	50Hz
• Materiál vinutia:	Al/Al
• Chladenie:	AN
• Akustický tlak:	51dB
• Straty naprázdno:	400W
• Straty nakrátko pri 75°C:	2500W
• Straty nakrátko pri 120°C:	2900W
• Napätie nakrátko:	6%
• Rozmery – dĺžka:	1220mm
• Rozmery – šírka:	660mm
• Rozmery – výška:	1180mm
• Rozmery – rozteč koliesok, v pozdĺžnom smere:	460mm
• Hmotnosť:	1000kg
• Vyhotovenie:	Distribučný suchý transformátor
• Vyhotovenie:	Epoxidový pre vnútornú inštaláciu
• Krytí transformátoru, VN priechodiek, NN priechodiek:	IP00/IP00/IP00

• Skupina spojenia:	Yzn1
• Trieda izolácie vinutia:	F
• Trieda klimatická:	C2
• Trieda prostredia:	E2
• Trieda horľavosti:	F1
• Režim zaťaženia:	Trvalé S1
• Návrh, výroba a kusové skúšky:	podľa STN EN 60076, STN EN 60076-11, STN EN 35 1110-1 (HD 538.1 S1), STN EN 35 1110 (HD 428.1 S1)

Transformátor spĺňa pre návrh, výrobu a kusové skúšky normy STN, pretože výrobca BEZ Transformátory, a.s. je slovenská spoločnosť. Tieto normy odpovedajú českým normám:

- ČSN EN 60076-1 (351001) Výkonové transformátory - Časť 1: Všeobecne.
- ČSN EN 60076-11 Výkonové transformátory - Časť 11: Suché transformátory.
- ČSN EN 50588-1 Stredná výkonové transformátory 50 Hz s najvyšším napätím pre zariadenia neprevyšujúcim 36 kV - Časť 1: Všeobecné požiadavky. [9]

4.3 Technické riešenie

4.3.1 Výpočet skratových prúdov

Proti skratu a preťaženiu bude na strane NN riešená ochrana podľa ČSN 332000-4-43 ed.2, ČSN 332000-4-443 ed.3, ČSN 332000-5-52 ed.2 a to poistkami a ističmi. Ochrana pred prepätím v elektrických rozvodoch je vykonaná uzemnenou hromozvodovou inštaláciou a prepäťovou ochranou v rozvádzači. Na strane prírodného voľného vedenia VN sú inštalované zvodnice prepätia.

Výpočet dimenzií pre Transformátor T2 je spracovaný v programe Sichr 19.02 od spoločnosti OEZ s.r.o.. Výpočtový program SICHr slúži k návrhu a kontrole lúčových sietí TN-C, TN-C-S a IT sietí bez vyvedeného stredného vodiča vo všetkých obvyklých napäťových hladinách. Program v sebe zahŕňa databázu istiacich a spínacích prvkov, prúdových chráničov a zvodíčov prepätia z produkcie spoločnosti OEZ s.r.o., ďalej potom otvorené databázy transformátorov a silových káblov.

Na základe výpočtu v programe Sichr vyšiel súmerný skratový prúd v rozvádzači RM1, na sekundárnej strane transformátora T2 s hodnotou skratového prúdu $I_k'' = 3,83\text{kA}$ a nárazového skratového prúdu $i_p = 7,98\text{kA}$. Skratové prúdy sa vypočítavajú pre trojfázové siete, pri výpočte sa uvažuje elektrický vzdialený skrat, vychádza sa z ČSN EN 60909-0:

- Trojfázový skratový prúd (maximálny):

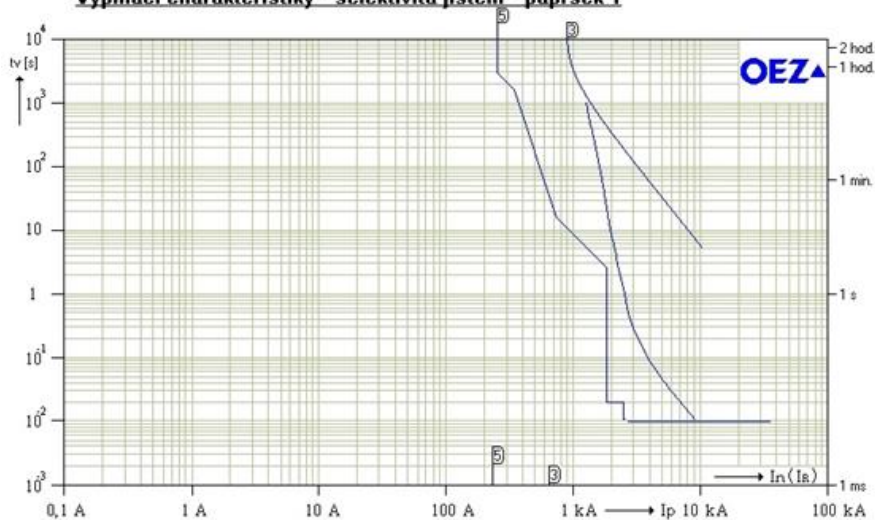
$$I_k'' = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R^2 + X^2}} \quad (4.1)$$

- Nárazový skratový prúd:

$$i_p = (1,02 + 0,98 \cdot e^{\frac{-3R}{X}}) \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' \quad (4.2)$$

	Přístroj	Poznámka	Výpočet zkratových poměrů Síť TN, Un = 230 / 400 V
1F0			
1T1	aTE714 22/0.40 In = 231 A U2 = 231/400 V dU = 0.0 %	St = 160 kVA Ik'' = 3.83 kA VN pojistky PM45, 22/25kV, 10A uk = 6 % ip = 7.98 kA	
1L3	2IIT-4YKY 3x240x120 Iz = 647 A dU = 0.0 %	Im = 34 °C Ik'' = 3.76 kA I²t < k²S² ip = 7.70 kA	20 m ve vzduchu (E)
1Q5	BD250N-DTV3 In = 250 A 1F0-1Q5 zaručena plná selektivita	IR = 231 A Icu = 36 kA IR = 231 A, restart = T(I), li = 8xIR	
1.25	Vývod I = 0 A xB = 0 A I = 0 A U = 400 V (Un + 0.0%) B = 1	cos fi = 0.95 [Ik'' = 3.76 kA, ip = 7.70 kA] io = 7.07 kA	

Vypínací charakteristiky - selektivita jištění - paprsek 1



Obrázek 4.2 Výpočet dimenzí a skratových poměrů transformátoru T2

4.3.2 Kobka vysokého napätia č. 5

Kobka č.5 je murovaná vývodová kobka, ktorá slúži pre napojenie existujúceho olejového transformátora T2. Je vyzbrojená poistkovým odpínačom pre istenie jeho primárnej strany. Výzbroj kobky bude v plnom rozsahu zachovaná aj po výmene transformátorov. Pre správne istenie primárnej strany nového transformátora budú však vymenené existujúcej poistky VN typu XJ25/30A za nové typu XJ25 / 10A. Prúdová hodnota nových poistiek vyplýva z odporúčania výrobcu transformátora a ich správna hodnota bola takisto overená výpočtom impedancie prúdovej slučky (v programe Sichr) pre zvolený transformátor. Z VN kobky č.5 je vyvedený vývod pomocou hliníkových prípojníc a stenových priechodiek do podstropnej časti stanoviska transformátora T2, tento vývod bude zachovaný.

4.3.3 Stanovisko transformátora T2

Súčasný hliníkový pripojovací systém medzi podstropnou časťou a transformátorom na strane VN a takisto medzi transformátorom a vývodovými pomocnými prípojnícami na strane NN bude demontovaný. Tieto prepojenia budú nahradené jednožilovými vodičmi. Zo súčasných VN podstropných prípojníc bude primárna strana transformátora T2 napojená pomocou troch jednožilových káblov typu 22-AXEKVCEY 1×50/16. Sekundárna strana transformátora T2 bude prepojená na existujúce pomocné prípojnice NN pomocou štyroch jednožilových káblov 1-YY 1×240 (L1, L2, L3, PEN). Existujúce prepojovacie káble $2 \times (1\text{-AYKY } 3 \times 240 + 120)$ medzi pomocnými prípojnícami NN a prívodným poľom rozvádzače RM1 budú zachované. Vyvedený uzol transformátora T2 bude prepojený samostatným káblom 1-YY 1×240 na existujúci uzemňovací bod trafostanice. Jednožilové káble na VN strane budú uchytené pomocou izolátorov, upevnených na rámovej oceľovej konštrukcii, ktorú bude nutné vyrobiť (podľa vzoru transformátora T1) a na transformátor pripevniť. Z dôvodu iných rozstupov koliesok v podvozku nového transformátora budú kolieska z podvozku suchého transformátora demontované a premiestnená na nový "U" profil, ktorým sa ich rozstup rozšíri na rozmer zodpovedajúci súčasným koľajniciam v podlahe. Na transformátore budú už v rámci jeho dodávky inštalované pozistorové teplotné čidlá proti preťaženiu s vyhodnocovacím relé s binárnymi signálmi:

- Alarm 1 - dosiahnutie výstražné teploty,
- Alarm 2 - prekročenie výstražné teploty,

a snímač Pt100 pre priebežné monitorovanie teploty transformátora. Binárne signály z vyhodnocovacieho relé budú vedené na spoločný vstup do riadiaceho systému s informáciou "Nebezpečná teplota T2". Tieto snímače budú signálovými káblami pripojené do prechodovej skrine a odtiaľ budú signály z nich zavedené spoločným signálovým káblom do rozvádzača DT3 na riadiaci systém.

V sústave VN 22kV je ochrana pred úrazom elektrickým prúdom zaistená podľa normy ČSN EN 61 936-1/A1/O1÷3 Elektrické inštalácie nad AC 1 kV - Časť 1: Všeobecné pravidlá.

Ochrana pred priamym dotykom (pred dotykom živých častí) je zabezpečená niektorým z nasledujúcich opatrení, prípadne ich kombináciou:

- kryty
- prekážky
- zábrany
- poloha

Ochrana pred nepriamym dotykom (v prípade dotyku neživých častí v prípade poruchy) bude vykonaná správnym dimenzovaním uzemnenia, s ohľadom na dotkové a krokové napätia podľa vyššie uvedenej normy. Uzemnenie silových zariadení bude prevažne vykonané pásikom FeZn 30×4 mm s označením ako uzemnenie rozvodne. Ochranné pospájanie všetkých neživých častí novo inštalovaných zariadení sa vykoná pomocou vodičov 1-CYA zžl 25mm², prípadne H07V-K zžl 25mm².



Obrázok 4.3 Nový suchý transformátor T2 160kVA; 22/0,4kV

4.3.4 Rozvádzač RM1

V rozvádzači RM1 bude z dôvodu zmeny dimenzie transformátora vymenený v 1. poli istič J2UX50L-24 (475-630A) na prívode od transformátora T2 za nový istič SE-BD-0250-DTV3 s nastavenou prúdovou spúšťou na prúdovú hodnotu 231A. Nový istič bude vybavený pripojovacou sadou pre retrofit a budú upravené signalizačné obvody pre tento prívod. Po výmene ističa bude musieť byť upravený aj vnútorný krycí plech v prívodnom poli.

4.3.5 Ochrany transformátora proti preťaženiu

Transformátor je chránený proti preťaženiu tepelnou ochranou. Transformátor je vybavený tepelnou ochranou na báze tepelných snímačov – pozistory. Izolačná pevnosť pozistorov zodpovedá priloženému skúšobnému napätiu prislúchajúcej cievky.

Obvody tepelných snímačov tvoria dva nezávislé stupne ochrany. Prvý stupeň je signalizačný, oznamujúci hraničné tepelné zaťaženie 150°C. Druhý stupeň je výstražný, nastavený na maximálnu dovoľenú teplotu 160°C.

V každej fáze vinutia nn sú umiestnené pozistory:

- P1 určený pre signalizáciu (150 °C)
- P2 určený pre výstrahu (160 °C).

Pozistory sú pripojené priamo na relé TSG 3.4, ktoré je umiestnené na dolnom ráme transformátora zo strany VN. Pri teplotách od -20°C do + 130°C sa odpor pozistorov mení len nepatrne. Tri do série spojené pozistory (pre každú tepelnú hladinu) majú malú hodnotu celkového odporu v rozmedzí 60 až 750Ω. Pri teplote 145°C do 165°C sa odpor skokom zmení na hodnotu väčšiu ako 4kΩ. Na zmenu odporu zareaguje príslušné relé vyhodnocovacieho prístroja. [10]

4.3.6 Rozvádzač DT3

Z teplotných čidiel, inštalovaných na transformátore T2 budú vedené signály pomocou nových káblov uložených v chráničke cez káblový priestup a káblový kanál do rozvádzača DT3. Rozvádzač bude doplnený o jednotku pre zobrazovanie teploty transformátora a ďalšími zariadeniami podľa špecifikácie. Aby boli prístroje na dverách rozvádzača DT3 rozmiestnené prehľadnejšie podľa ich príslušnosti k jednotlivým transformátorom, bude vykonané presunutie niektorých existujúcich signálok do iných pozícií.



Obrázok 4.4 Tepelná ochrana transformátora

4.3.7 Úprava dimenzie transformátoru T1

Na základe nesprávneho výpočtu skratových pomerov pri výmene transformátora T1 v roku 2009 je transformátor istený na primárnej strane transformátora poistkami XJ25/16A umiestnenými v kobke VN č.4 v rozvodni 22kV. Pri výpočte v roku 2009 bol projektantom zvolený iný typ transformátora ako bol použitý. Napätie na krátko zvoleného transformátora bolo $u_k = 4\%$. Hodnota reálneho transformátora, ktorý je dodaný a namontovaný v trafokobke T1 má napätie nakrátko $u_k = 5,99\%$. Z tohto dôvodu pri výpočte impedancie slučky je impedančné slučka väčšia, a preto poistky 16A nevyhovujú. Preto budú nahradené existujúce poistky pre T1 v kobke VN č.4 - XJ25/16A za poistky XJ25/ 0A. Dimenzie istení VN strán oboch transformátorov budú teda zhodné. Táto úprava je vykonaná aj z dôvodu paralelného chodu týchto dvoch transformátorov, aby z dôvodu nevyhovujúcej impedancie slučky neboli narušené požiadavky na paralelný chod transformátorov.

4.3.8 Úprava softvéru a rozšírenie vizualizácie

Po napojení nových signálov na vstupné moduly ET200S riadiaceho systému Simatic v rozvádzači DT3 bude nutné patrične rozšíriť softvér tohto riadiaceho systému a tiež rozšíriť technologickú obrazovku pre monitorovanie energetických zariadení na dispečerských počítačoch o novo pripojené čidlá. Tiež bude nutné rozšíriť dátový prenos v rámci dispečerského systému prevádzkovateľa. Odporúča sa, aby tieto činnosti vykonala organizácie, znála miestnych pomerov, požiadaviek a zvyklostí prevádzkovateľa, ktorá prevádzkovateľovi zabezpečuje servis a úpravy riadiaceho systému.

4.4 Prevádzka a údržba zariadenia

Obsluha a práca na elektrickom zariadení sa musí vykonávať podľa ČSN EN 50110-1 ed.3 a podľa pokynov výrobcu a musí zodpovedať platným ČSN. Pred uvedením stavby do prevádzky bude prevedená východisková revízia v zmysle ČSN 33 1500/Z4 a ČSN 33 2000-6 ed.2, vrátane vystavenia revíznej správy. Ďalšie periodické revízie zabezpečuje prevádzkovateľ v lehotách stanovených revíznym technikom. Elektrické zariadenia musia byť po dobu svojej prevádzky podrobené pravidelnými predpísanými revíziami. Správa o výsledku revízie bude pre prevádzkovateľov záväzná. Prevádzkovateľ musí zabezpečiť odstránenie závad alebo vykonať dočasné bezpečnostné opatrenia v stanovenej lehote. Ak nemôže závady bezprostredne ohrozujúce zdravie odstrániť, musia príslušné zariadenie odpojiť.

4.5 Likvidácia odpadov

V trafokobke T2 bude vymenený olejový transformátor 630kVA s prevodom 22kV/0,4kV za suchý transformátor 160kVA, 22kV/0,4kV. Demontovaný olejový transformátor bude zhotoviteľom odovzdaný na jeho ekologickú likvidáciu a to na základe:

- Zaradenia odpadov na základe ustanovení zákona č. 185/2001 Sb. o odpadoch v znení neskorších predpisov a podľa vyhlášok MŽP č. 93/2016 Sb., ktorými je stanovený katalóg odpadov, zoznam nebezpečných odpadov atď. Ďalej podľa vyhlášok č. 352/2005 Sb., č. 65/2010 Sb., č. 285/2010 Sb., ktoré stanovuje manipuláciu s elektrozariadeniami a elektroodpadom a financovania nakladania s nimi.
- Kategórie odpadu: "O" - ostatný odpad.
- Káble - katalógové číslo: 17 0411.
- Z hľadiska zákona č. 185/2001 Sb. o odpadoch, bude pri rekonštrukcii dodržiavaný nasledujúci postup: pokiaľ vzniknú odpady, bude o nich vedená evidencia a táto bude predložená pri kolaudácii stavby. Odpady budú triedené a na skládky budú odvezené len také, ktorých využitie nebude možné. Odpady určené na skládku budú odovzdané oprávnenej osobe, ktorá prevádzkuje zariadenie na nakladanie s odpadmi.

5 Návrh systému LPS energetického objektu

V rámci diplomovej práce sú navrhnuté opravy a úpravy existujúceho systému ochrany pred atmosférickým prepätím LPS trafostanice na pramenisku Nová Ves Ostrava, pretože existujúci systém LPS nevyhovuje. Oprava stávajúceho systému LPS nie je dostačujúca, preto bude navrhnutý úplne nový systém LPS, pre nový navrhnutý stav je potrebné vykonať tieto úkony:

- Demontáž existujúceho systému ochrany pred atmosférickým prepätím LPS.
- Dodávku a montáž nového systému ochrany pred atmosférickým prepätím LPS.
- Dodávku a montáž vodičov hlavného a doplnujúceho ochranného pospojovania.

5.1 Popis energetického objektu

Jedná sa o objekt rozvodne 22kV, ktorá je situovaná v areáli Prameniska Nová Ves. Jedná sa o budovu s jedným nadzemným podlažím. Rozmery budovy sú:

- Dĺžka: 17,42m
- Šírka: 9,36m
- Výška: 5,45m

Budova má funkciu energetického objektu, v budove sú miestnosti s VN a s NN časťou. V časti VN sa nachádza deväť kobiek s VN prípojnícami 22kV, z ktorých sú napájané tri transformátory umiestnené v transformátorových kobkách. V časti NN sa nachádza rozvádzač prevádzkových rozvodov silnoprúdu RM1 a rozvádzače systému riadenia technologických procesov DT2 a DT3.

Hromozvodová sústava je umiestnená vo vonkajšom priestore. Je teda vystavená priamemu pôsobeniu atmosférických vplyvov.

Priradenie vonkajších vplyvov podľa ČSN 33 2000-5-51 ed.3:

AA8, AB8, AC1, AD2, AD3, AD4 (občasné vplyvy), AE2, AF2, AG1, AH1, AK1, AL1, AM1-2, AM4, AN2, AP1, AQ2, AR1, AS2, BA4, BC3, BD1, BE1, CA1, CB1.

Hodnotenie priestoru z hľadiska nebezpečenstva úrazu elektrickým prúdom je podľa ČSN 33 2000-4-41 ed.2 / Z1, posudzované priestory sú hodnotené ako priestor nebezpečný.

Keďže sa budova nachádza v oplotenom areáli, nepredpokladá sa výskyt nepovolaných osôb v okolí budovy. V priamom okolí budovy sa nevyskytujú žiadne strategické komunikácie ani chodníčky. Množstvo ľudí prichádzajúcich a odchádzajúcich z budovy, vzhľadom na krátky časový interval pohybu okolo budovy, je z bezpečnostného hľadiska zanedbateľný.

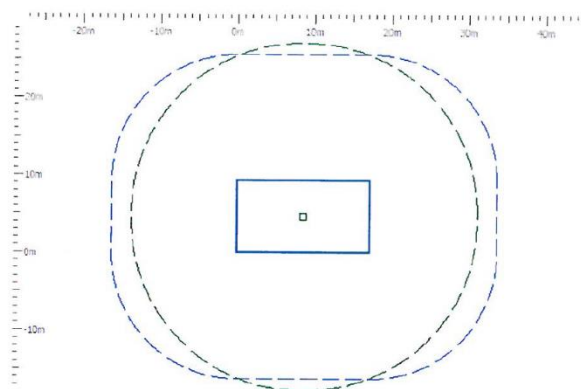
5.2 Analýza rizík

Výpočet pre analýzu rizík sme riešili v programe Dehn Risk Tool vo verzii 3.120. Výsledky výpočtu rizík pre nechránenú stavbu sú programom stanovené podľa ČSN EN 62305-2 ed.2:

Z izokeraunickej mapy Českej republiky bol odpočítaný priemerný počet búrkových dní za rok. Pre oblasť mesta Ostrava, kde sa nachádza chránená budova, je podľa mapy ČHMU počet búrkových dní za rok $T_D = 20$.

Na základe rozmerov, tvaru a oblasti umiestnenia objektu sa vypočítajú zberné plochy:

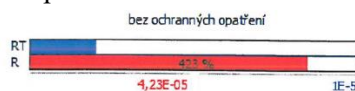
- Zberná plocha pre priame údery blesku – 1878 m²
- Zberná plocha pre nepriame údery blesku – 812178 m²



Obrázok 5.1 Zberné plochy pre úder do energetického objektu

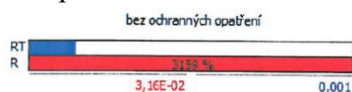
Na základe zberných plôch, výskytu osôb a ekonomických strát je určené vyhodnotenie rizík:

- Strata na ľudských životoch pre nechránenú stavbu $R_1 = 4,23 \times 10^{-5}$



Obrázok 5.2 Riziko R_1 na ľudských životoch bez ochranných opatrení

- Strata na verejných službách pre nechránenú stavbu $R_2 = 3,16 \times 10^{-2}$



Obrázok 5.3 Riziko R_2 na verejných službách bez ochranných opatrení

Nechránená stavba nespĺňa limitné hodnoty požadované normou ČSN EN 62305-2 ed.2 ktoré sú stanovené podmienkou:

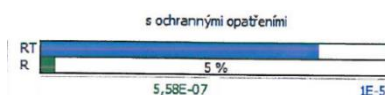
- $R_1 < 10^{-5}$, $R_2 < 10^{-3}$

Pre splnenie normatívnych požiadaviek je nutné zaistiť nasledujúce opatrenia:

- Objekt musí byť vybavený hromozvodovou sústavou pre LPL_1 .
- Prívodné vedenie VN musí byť vybavené zvodiacami prepätia SPD_{1+2} a lepším na rozhraní zón LPZ_{0B} a LPZ_1 .
- Všetky zariadenia LPZ_1 musia spĺňať požiadavku výdržného napätia U_w do hodnoty 2,5kV.
- Musí byť zabezpečená vnútorná ochrana pomocou ochranného pospájania všetkých kovových konštrukcií a súčastí vždy na vstupe do budovy a nesmie byť menší prierez Cu vodičov ako $16 \div 25 \text{ mm}^2$.
- Musí byť zabezpečené vonkajšie ochranné pospájanie všetkých kovových konštrukcií (rebrík, odkvapové žľaby, oceľové nosníky ...) pomocou vodiča FeZn s priemerom 8mm.

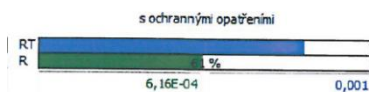
Po splnení týchto opatrení, možno riziko výpočtom znížiť na nasledujúce hodnoty pre:

- Straty na ľudských životoch pre chránenú stavbu $R_1 = 5,58 \times 10^{-7}$



Obrázok 5.4 Riziko R_1 na ľudských životoch s ochrannými opatreniami

- Straty na verejných službách pre chránenú stavbu $R_2 = 6,16 \times 10^{-4}$



Obrázok 5.5 Riziko R_2 na verejných službách s ochrannými opatreniami

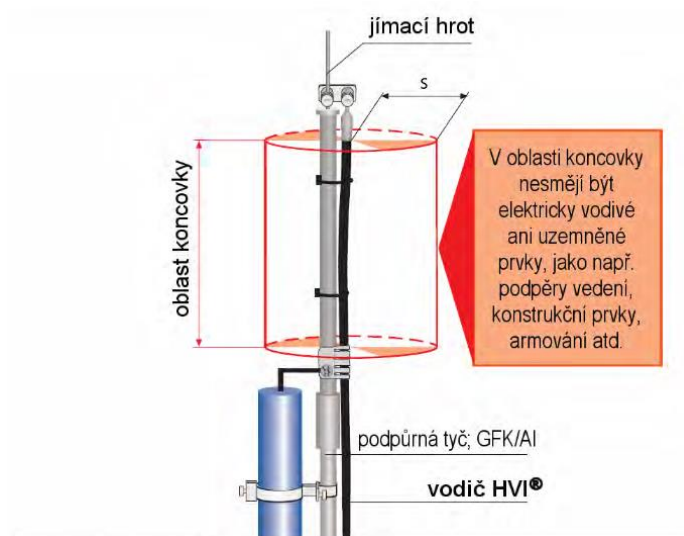
Chránená stavba spĺňa limitné hodnoty požadované normou ČSN EN 62305-2 ed.2 ktoré sú stanovené podmienkou:

- $R_1 < 10^{-5}$, $R_2 < 10^{-3}$

5.2.1 Určenie dostatočnej vzdialenosti

V oblasti koncovky treba dodržať vypočítanú dostatočnú vzdialenosť "s" od elektricky vodivých resp. uzemnených dielcov. Dostatočná vzdialenosť podľa ČSN EN 62305-3 ed.2 je vypočítaná na vrchole každého zachytávača podľa koeficientov a dĺžky zachytávača.

- Koeficient závislý na triede LPS $k_i = 0,08$
- Koeficient závislý na materiáli elektrickej izolácie $k_m = 1$
- Koeficient závislý na blesk, prúd tečúci zachytávačom a zvodmi $k_c = 0,44$
- Dostatočná vzdialenosť k vrcholu zachytávača určená polomerom $s = 48 \text{ cm}$



Obrázok 5.6 Dodržanie dostatočnej vzdialenosti [12]

5.3 Technické riešenie

Pre objekt trafostanice musí byť zriadená ochrana pred bleskom a atmosférickým prepätím podľa §36 Vyhlášky č.268/2009 Sb. Výber vhodnej ochrany a požiadavky vyhlášky bol vykonaný na základe výpočtu rizika pre stratu na ľudských životoch a straty na verejných službách podľa ČSN EN 62305-2 ed.2. Riziká straty na kultúrnom dedičstve nie sú relevantné pre daný objekt. Ekonomické straty nie sú investorom vyčíslené.

Pre riešenie výpočtu bol objekt trafostanice rozdelený do dvoch zón:

- **Zóna LPZ_{0B}** ochrana budovy pred priamymi údermi blesku
- **Zóna LPZ₁** vnútorný priestor chránenej stavby

V žiadnej zo zón sa trvalo nevyskytuje obsluha, vykonáva sa iba pravidelné kontroly a servisné zásahy. Vyradením trafostanice z funkcie môže dôjsť k obmedzeniu dodávky pitnej vody.

5.3.1 Zachytávaica sústava

Návrh zachytávacej sústavy je vykonaný podľa ČSN EN 62305-3 ed.2, čl.5.2.2 metódou bleskovej gule pre LPS I. Táto metóda na výpočet ochranného priestoru je najdôslednejšia a rešpektuje rozvoj blesku pomocou vyhľadávacieho výboja. Ochranný priestor je u tejto metódy tvorený pomyselným pohybom gule po zemskom povrchu. Pri jej odvaľovaní dochádza ku kontaktu so zachytávačom a obvodom stavby. Cieľom návrhu ochranného systému je preto zabrániť priamemu kontaktu povrchu gule s povrchom chráneného objektu. Polomer použitej bleskovej gule závisí na zaradení chráneného objektu do triedy ochrany pred bleskom.

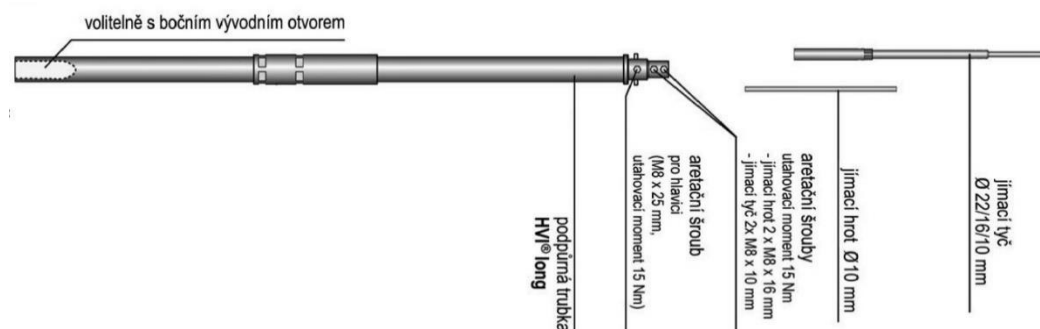
Tabuľka 5.1 Triedy ochrany LPS podľa ČSN 62305-3 ed.2 [12]

Trieda LPS	Polomer bleskovej gule – r [m]
I	20
II	30
III	45
IV	60

Priestor vytvorený odvaľovaním gule je menší ako priestor tvorený vonkajšou obrysovou krivkou danou ochranným uhlom. Môžeme teda povedať že, návrh ochranného systému metódou bleskovej gule je prísnejší.

Ochranný priestor tvorený izolovaným vonkajším LPS chrániaci trafostanicu bude vykonaný komponentami od spoločnosti DEHN s.r.o.

Zachytávacia sústava bude vykonaná použitím dvoch izolovaných podporné rúrok pre vodiče HVI long s dĺžkou 3,2m. Do izolovaných podporných rúrok budú montované zachytávacie nerezové tyče s prierezom 10mm a s výškou 1000 mm.



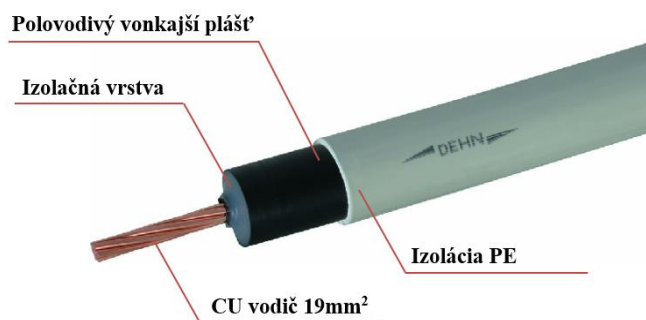
Obrázok 5.7 Podporná rúrka pre vodič HVI long [13][12]

Zachytávacie tyče v podporných rúrkach budú uchytené pomocou stojana, ktorý bude zaistený 6 kusmi 17 kg betónového podstavca a upevnený závitovými tyčami, betónové podstavce sú použité z dôvodu veterných rázov.



Obrázok 5.8 Stojan s betónovými podstavcami pre LPS systém DEHN [12]

Zachytávacie vedenie, napojené na zachytávaciu tyč pred izolovanou časťou podpornej trubky, bude tvorené špeciálnym vodičom HVI long Ø23mm (materiál vodiča Cu, materiál izolácie PE a materiál plášťa PVC, farba šedá, skratová odolnosť 150kA).



Obrázok 5.9 Konštrukcia vodiča HVI® long [12]

Z každej podpornej rúrky budú zvedené 3×HVI vodiče až ku skúšobnej svorke, vodič HVI bude zakončený pomocou pripojovacej sady s montážnym príslušenstvom. Pripojovací prvok pre pripojenie na uzemňovaciu sústavu bude namontovaný na koniec HVI vodiča a mechanicky spojený na skúšobnú svorkovnicu, zo skúšobnej svorkovnice bude pomocou zavádzacej tyče FeZn Ø10mm alebo pásku FeZn 30×4mm prepojený na uzemňovaciu sústavu.

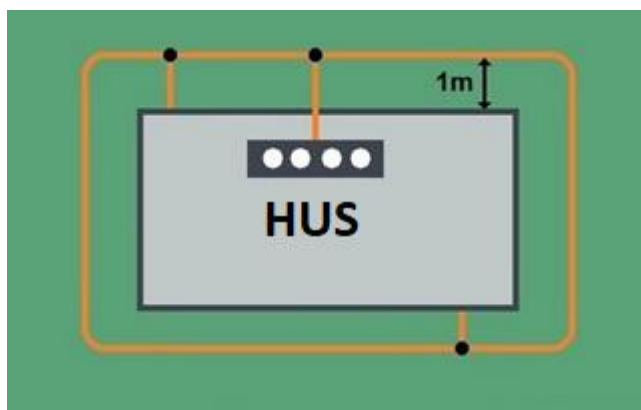


Obrázok 5.10 Pripojovací prvok pre vodič HVI®long Ø 20 mm [12]

Bude vykonané pospájanie všetkých podporných rúrok, strechy a všetkých kovových konštrukcií v priestore LPZ_{0B} a zvedené na základový uzemňovač pomocou vodiča FeZn Ø8mm. Každý prechod vzduch-zem bude opatrený antikoroziným náterom 30 cm v každom smere.

5.3.2 Uzemnenie ochrany pred atmosférickým prepätím

Pre potrebu zvedenia bleskového prúdu bude okolo objektu trafostanice vybudovaný nový čiastočný obvodový uzemňovač typu B, pomocou pásky FeZn 30×4mm podľa ČSN EN 62305-3 ed.2, doplnený na oboch koncoch vedenia o systém uzemňovacích tyčí rozmiestnených do tvaru trojuholníka. Vzájomná vzdialenosť uzemňovacích tyčí je 1m. Čiastočný obvodový uzemňovač je navrhnutý z dôvodu obavy o bezpečnosť pracovníkov vykonávajúcich výkopové práce v priestore, kde by uzemňovací pásik krížil väčší počet NN káblov, v tomto prípade na strane rozvodne NN.



Obrázok 5.11 Obvodový uzemňovač typu B [14]

Pri realizácii obvodového uzemňovača je nutné dbať na bezpečnosť pri výkope z dôvodu kríženia aj v iných bodoch, preto sa odporúča v celej dĺžke výkopu vykonávať výkop ručne.

Pásik obvodového uzemňovača bude uložený v zemi vo výkope šírky 300mm, a to nastojato v hĺbke, v ktorej budú minimalizované účinky vysychania pôdy a jej premrzaniu, v rozsahu 600 ÷ 800mm. Dĺžka pásu musí byť minimálne 20m a zemný odpor nesmie byť väčší ako 10Ω - meraný pri nízkom kmitočte. Minimálna vzdialenosť zemniaceho pásu od objektu musí byť 1000 mm. Uzemňovací pásik nového čiastočného obvodového uzemňovača bude v miestach krížovania s káblovým vedením uložený v hĺbke 500 mm pod existujúcimi káblami. Hĺbka výkopu pre uzemňovací pásik pri krížení s káblovým vedením bude určená na základe zistení skutočnej hĺbky existujúcich káblov (500 mm pod káblom do 35kV).

V štyroch miestach po obvode objektu trafostanice je zvedené z budovy pospájanie kovových častí na existujúci uzemňovač. V týchto bodoch bude vykonané prepojenie existujúcej uzemňovacej siete s novým obvodovým uzemňovačom.

Všetky spoje základového uzemňovača budú opatrené antikorošnou ochranou 30 cm v každom smere spoja.

Uzemňovač bude prepojený s existujúcou uzemňovacou sústavou, z tohto dôvodu musí byť uzemňovací prívod vykonaný prierezom minimálne 16mm² pre meď alebo 50mm² pre železo. Rovnako tak pripojenie všetkých vodičov prepätia k ochrannej svorke HOP podľa ČSN EN 62305-4 ed.2.

5.4 Revízia a údržba zariadenia

Revízia LPS by mala byť vykonaná odborníkom v ochrane pred bleskom podľa požiadaviek v článku E.7 podľa ČSN EN 62305-3 ed.2. LPS by mal byť revidovaný pri týchto príležitostiach:

- počas inštalácie LPS, obzvlášť počas inštalácie súčastí, ktoré sú skryté v stavbe a neskôr budú neprístupné,
- po dokončení inštalácie LPS,
- v pravidelných termínoch určených projektom.

Tabuľka 5.2 Maximálny interval medzi revíziami LPS

Úroveň ochrany	Vizuálna kontrola (rok)	Úplná revízia (rok)
I a II	1	2
III a IV	1	4

Program údržby by mal obsahovať tieto ustanovenia:

- kontrolu všetkých vodičov LPS a častí systému
- kontrolu elektrického prepojenia inštalácie LPS
- meranie zemného odporu uzemňovacieho systému
- kontrolu SPD
- opätovné upevnenie prvkov a vodičov
- kontrolu, že nedošlo k zmene účinnosti LPS po rozšírení alebo zmenách stavby alebo jej inštalácie.

6 Optimalizácia čerpaceho systému studní

V rámci diplomovej práce sú navrhnuté úpravy a prezbrojenie existujúcej elektromotorickej elektroinštalácie a zariadení systému riadenia technologických procesov na pramenisku Ostrava - Nová Ves a pramenisku Dubí, súvisiace s revitalizáciu studní v týchto prameniskách. Pre nový navrhnutý stav je potrebné vykonať tieto úkony:

- Demontáže existujúcich rozvádzačov, senzorov a elektroinštalácie pre studne.
- Dodávku a montáž pripojovacích poistkových skríň, elektromerových skríň, silnoprúdových rozvádzačov a rozvádzačov riadiaceho systému s riadiacim systémom Simatic.
- Dodávku a montáž frekvenčných meničov a filtrov pre čerpadlá.
- Dodávku a montáž technologických čidiel.
- Dodávku a montáž elektronického zabezpečovacieho systému (EVS).
- Stanovenie požiadaviek na úpravu komunikačného softvéru.
- Stanovenie požiadaviek na úpravu súčasného vizualizačného softvéru na dispečerských PC prevádzkovateľa.

6.1 Návrh pohonov čerpadiel a ich frekvenčných meničov

6.1.1 Výpočet pohonu pre čerpadlo

Pre výpočet pohonu pre čerpadlo sa počíta s týmito vstupnými parametrami:

- Požadovaný prietok $Q = 11,94 \text{ l/s}$
- Dopravná výška $h = 40 \text{ m}$
- Dpravované médium - *voda*

Je nutné prepočítať prietok Q z jednotky l/s na požadovanú jednotku pre výpočet m^3/h :

$$Q_{\text{l/s}} = 11,94 \frac{\text{l}}{\text{s}} \rightarrow Q_{\frac{\text{m}^3}{\text{h}}} = 42,984 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Dpravované médium je voda zo studne, hustota vody je $\rho = 997 \text{ kg/m}^3$.

Zo zadaných hodnôt je možné vypočítať hydraulický výkon P_h :

$$P_h = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot h}{3,6 \cdot 10^6} \text{ (kW)}$$
$$P_h = \frac{42,984 \cdot 997 \cdot 9,81 \cdot 40}{3,6 \cdot 10^6} \text{ (kW)}$$
$$P_h = 4,6712 \text{ (kW)}$$

Z vypočítaného hydraulického výkonu sme vypočítali výkon na hriadeli čerpadla, pre tento výpočet je nutné mať zvolenú požadovanú účinnosť čerpadla, požadovanú účinnosť čerpadla sme zvolili na hodnotu $\eta=0,7$. [15]

$$P_s = \frac{P_h}{\eta} = \frac{4,6712}{0,7} = 6,6731(kW)$$

Čerpadlo určené pre čerpanie vody v studni bude pracovať v režime pre trvalé zaťaženie S_1 . Pri dimenzovaní motora pre trvalé zaťaženie S_1 je možné vychádzať z menovitých parametrov. Výkon motora sa pre trvalé zaťaženie S_1 určí podľa výkonu pracovného mechanizmu s uvažovaním strát. [15]

Na základe vypočítaného výkonu pracovného mechanizmu $P_s=6,6731kW$ a určenia druhu zaťaženia S_1 sme zvolili čerpadlá:

TVS 8.1 - 2/1A W L6C752 D – 9,3 kW, 25,5A, 2p, 3500min-1, 380V - 415V, 50Hz.



Obrázok 6.1 Opravený technický stav technológií čerpania vody zo studní

6.1.2 Návrh frekvenčného meniča

Pri návrhu čerpadiel studní z hľadiska optimalizácie vodného zdroja je nutné nahradiť existujúcu zastaralú technológiu riadenia čerpadiel systémom Y/D riadením pomocou frekvenčných meničov.

Pre napájanie a riadenie asynchrónnych pohonov čerpadiel sú využívané nepriame meniče kmitočtu. Zmenou nominálneho kmitočtu s hodnotou 50Hz na žiadajúcu hodnotu kmitočtu vedie k regulácii otáčok čerpadla, v súvislosti na túto zmenu prebieha regulácia výkonu pohonu, z čoho vyplýva zmena dodávaného množstva čerpanej vody, takto ovládaným čerpadlom. Čerpadlá sa bežne riadia reguláciou kmitočtu v rozmedzí 40Hz a 60Hz.

Maximálne žiadané čerpané množstvo v takomto prípade korešponduje približne s kmitočtom 50Hz a jeho zmenou je možné prispôsobiť prietok podľa potreby čerpania neupravenej vody zo studní.

Pri návrhu frekvenčných meničov sú dôležitými požadovaný parametrami výkon, prúd ale tiež aj elektrickej siete, z ktorej sú napájané. Parametre čerpadla, ktoré bude použité do studní, sú nasledujúce 9,3kW, 25,5A.

Podľa týchto parametrov sú navrhnuté frekvenčné meniče s výkonom 15kW pre pripojenie do trojfázovej sústavy s fázovým napätím $380 \div 480\text{V}$. Navrhnuté frekvenčné meniče budú v krytí IP55, z dôvodu že budú umiestnené mimo silnoprúdových rozvádzačov, budú umiestnené na stene v kioskových rozvodniach nad studňami. Pre komunikáciu s riadiacim systémom má byť frekvenčný menič vybavený komunikáciou ProfiNet.



Obrázok 6.2 Frekvenčný menič so sínusovým filtrom

Podľa vyššie uvedených parametrov boli zvolené frekvenčné meniče VLT AQUA DRIVE FC 202 firmy Danfoss. Meniče zo série VLT AQUA DRIVE FC 200 sú priamo predpísané pre aplikácie vo vodohospodárstve a spracovaní odpadových vôd. Z tohto dôvodu sa teda javí použitie tohto frekvenčného meniča ako vhodné.

Všetky použité elektrické zariadenia musia spĺňať požiadavky nariadeniami vlády z hľadiska elektromagnetickej kompatibility. Takisto prevedenie montážou musí spĺňať požiadavky na elektromagnetickú kompatibilitu (riadne uzemňovanie, použitie tienených káblov, odrušovacích filtrov a podobne). Z dodržania týchto podmienok bude k frekvenčnému meniču použitý sínusový filter z produktovej série VLT® Sine-Wave Filters.

Pre komunikáciu ProfiNet s riadiacim systémom bude frekvenčný menič vybavený kartou MCA-120 ProfiNet SRT. [17]

Tabuľka 6.1 Štítkové hodnoty vybraných frekvenčných meničov

FC-202P22KT4E55H1XGCXXSXXXXALBXCXXXXDX	
Typová rada	VLT® AQUA Drive
Varianta	FC-202
Výkon	15 kW
Počet fáz	Trojfázový
Menovité napájanie	380 - 480 VAC
Stupeň krytia	IP55
RFI filter podľa EN 55011	RFI filter triedy A1/B (C1)
Brzdny striedač, Safe Stop	Bez brzdného striedača
Ovládací panel	Grafický ovládací panel
Prídavné lakovanie	S prídavným. lakovaním (kat. 3C3)
Doplňky napájania	Bez doplnkov napájania
Adaptácia A	Štandardné vstupy pre káble
Adaptácia B	Bez doplnku B
Verzia softwaru	Najnovšia (2020)
Jazyková verzia software	Štandardný jazykový balíček
Príslušenstvo A	MCA-120 ProfiNet SRT
Príslušenstvo B	Bez B príslušenstva
Príslušenstvo C0 pro MCO	Bez C0 príslušenstva
Príslušenstvo C1	Bez C1 príslušenstva
Software pro príslušenstvo C	Bez software v C príslušenstve
Príslušenstvo D	Bez D príslušenstva
Veľkosť skrine	B2

6.2 Technické riešenie

Hlavným cieľom pri optimalizácii vodohospodárskeho systému studní v pramenisku Nová Ves a Dubí Ostrava je, aby sa vymenili opotrebované a morálne zastarané prístroje v silových rozvádzačoch, aby boli rozvádzače vybavené pre prevádzku čerpadiel cez frekvenčné meniče a soft štartéry. Ovládanie čerpania v studniach a zobrazovanie prevádzkových a poruchových stavov bude v studniach realizované cez riadiaci systém v ručnom režime z rozvádzača v kiosku alebo diaľkovo v automatickom režime, vo väzbe na riadiaci systém úpravne vody Siemens SIMATIC S7-1200. Pre miestne ovládanie slúžia ovládacie a signalizačné prvky zabudované vo dverách silnoprúdových rozvádzačov v kioskoch spolu s digitálnym zobrazovačmi výšky hladiny. V studni S7 je pre ručné ovládanie namiesto ovládacích a signalizačných prvkov na dverách silnoprúdového rozvádzača RMS, inštalovaný v rozvádzači riadiaceho systému DT operátorský panel. Lokálne ovládanie a zobrazovanie prevádzkových stavov bude v tomto prípade vykonávané pomocou technologickej obrazovky a ovládacích tlačidiel na paneli. Ak sa pri prevádzkovaní prameniska ukáže, že takýto spôsob ovládania je užívateľsky a prevádzkovo výhodnejší než pri ovládaní pohonu klasickými ovládacími prvkami, bude nasadenie ovládacích panelov na ďalších studniach prednostne

použité. V prevádzke úpravne vody sú operátorské panely už bežnou výbavou rozvádzačov, v studniach sa takáto modernizácia aktuálne iba začína uplatňovať.

Na studniach budú inštalované trojfázové servopohony AumaNorm ovládané na napät'ovej úrovni 230V AC. Pre rozbeh čerpadiel s asynchrónnymi motormi v ručnom režime je inovatívne nahradená stýkačová kombinácia hviezda-trojuholník použitím softštartérov, ktoré je možné ovládať aj diaľkovo v automatickom režime pri prípadnej poruche frekvenčného meniča. Ak budú namiesto čerpadiel s asynchrónnymi motormi v studni v budúcnosti použité čerpadlá so synchronnými motormi (vyššia účinnosť), bude možné na rozvádzači navoliť prevádzku "Synchronný motor", ale v tomto prípade nebude možné spúšťať čerpadlo cez softštartér, pretože takýto štart nie je u synchronných motorov možný. Automatická i ručná prevádzka sa bude pri synchronnom motore vykonávať vždy cez frekvenčný menič.

Spôsob ovládania čerpadiel a servopohonov je vo všetkých studniach rovnaké, rozvádzače sú preto po technickej stránke vo všetkých studniach podobné.

6.2.1 Napájanie rozvádzačov studní

V napájacom rozvádzači RM1, ktorý sa nachádza v NN rozvodni trafostanice v pramenisku Nová Ves je vo vývodoch pre studne upravená menovitá hodnota istiacich prvkov, pretože súčasná dimenzia vývodových ističov nevyhovuje z hľadiska výpočtu impedancia poruchovej slučky.

Napájacie káble z trafostanice zostanú existujúce, ale sú zo starých nevyhovujúcich poistkových pripojovacích skríň vedené na nové moderne spracované poistkové pripojovacie skrine RIS, umiestnené vo vnútri kiosku danej studne.

Pre meranie spotreby elektrickej energie v každej jednotlivjej studne sú do kiosku studní navrhnuté nové elektromerové rozvádzače RE, ktoré sú vybavené aj kombinovanými prepäťovými ochranami 1. a 2 stupňa. Pulzy o spotrebe elektrickej energie sú z elektromerov pre nepriame meranie vyvedené na riadiaci systém.



Obrázok 6.3 Poistková pripojovacia skriňa RIS pre napájanie studní

6.2.2 Silnopráúdové rozvádzače

V studniach boli demontované existujúce silnopráúdové rozvádzače RO, tieto rozvádzače boli z technického hľadiska morálne zastaralé. Z dôvodu optimalizácie vodohospodárskeho zdroja boli preto navrhnuté nové silnopráúdové rozvádzače s moderným vyzbrojením. Vo všetkých studniach sú silnopráúdové rozvádzače označené ako RMS.

V rozvádzači RMS sú umiestnené vývody pre požadované technologické prvky studní, ďalej je v rozvádzači monitorovaná hodnota prúdu motora čerpadla pomocou prúdového transformátora s analógovým výstupom na riadiaci systém. V rozvádzači je sledovaná prítomnosť napätia každej fázy pomocou troch samostatných relé so spoločným výstupom na riadiaci systém, prítomnosť napätia je na dverách rozvádzača signalizovaná signálkou zelenej farby, jej svit znamená prítomnosť napätia.

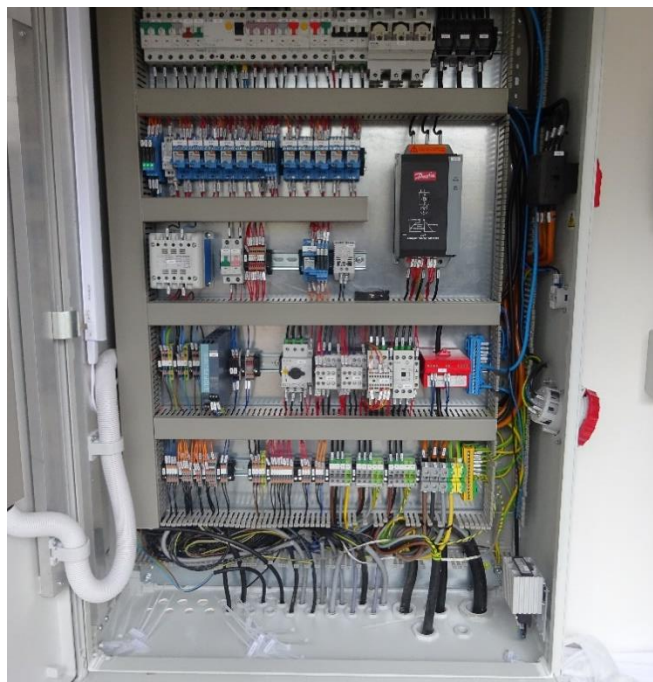
V silových vývodoch pre čerpadlá sú inštalované frekvenčné meniče, umiestnené v krytí IP55 na stene kiosku vedľa rozvádzača. Na stene vedľa meničov sú inštalované tiež sínusové filtre na vyhladenie parazitných vplyvov meničov na vinutia motorov ponorných čerpadiel. U týchto filtrov je vykonané znepristupnenie pripojovacích svorkovnic dodatočným krytom v krytie aspoň IP23. Tieto meniče sú pre čerpadlá vybavené asynchrónnymi motormi používané v diaľkovom automatickom režime. Ovládanie frekvenčných meničov je zabezpečené z riadiaceho systému s možnosťou ich diaľkového ručného ovládania z dispečerského počítača.

Motory čerpadiel sa v ručnom režime spúšťajú pomocou softštartérov, inštalovaných v rozvádzačoch RMS, softštártery sú v krytí IP20. Motory čerpadiel je tiež v ručnom režime možné ovládať cez frekvenčný menič podľa voľby na operátorskom paneli, ktorý sa nachádza

na dverách dátového rozvádzača DT. Štart čerpadiel s plynulým rozbehom cez softštartéry je možné navoliť dispečerom aj diaľkovo v automatickom režime, ak by došlo k poruche frekvenčného meniča.

Z rozvádzaču RMS je vyvedený vývod aj pre servoventil, servoventil je ovládaný reléovou logikou ovládanou z riadiaceho systému. Vzájomné väzby medzi riadiacim systémom a servoventilom sú zaistené pomocou polohových a momentových spínačov servoventilu.

V rozvádzači RMS je tiež vývod cez prúdový chránič pre osvetlenie kiosku a záhlavia studne. Do bočných stien rozvádzačov je zabudovaný hlavný vypínač.



Obrázok 6.4 Typizovaný modernizovaný silnoprúdový rozvádzač studní

6.2.3 Svetelné a zásuvkové okruhy

Osvetlenie v kiosku je vykonané v súlade s ČSN EN 12464-1:2012 na požadovanú intenzitu 300 lx. Je použité LED svietidlo, ktoré je osadené na stene a ovládané vypínačom pri dverách. Osvetlenie podzemnej časti záhlavia je vykonané tiež LED svietidlom a ovládané vypínačom, umiestneným na stene v kiosku.

Prevádzkové zásuvky 400V/50Hz a 230V/50Hz sú napájané cez prúdové chrániče a sú zabudované z boku do rozvádzačov RMS.

6.2.4 Dátový rozvádzač

Programovateľný automat riadiaceho systému SIMATIC, vrátane batériami vybaveným zálohovaným zdrojom na 24VDC, istiacich prvkov, väzobných relé a svoriek je v každom

kiosku studne umiestnený v samostatnej rozvážačovej skrini DT, umiestnenej vedľa rozvážače RMS. V napájacích obvodoch rozvážača je zabudovaná prepäťová ochrana 3. stupňa a oddeľovací tlmivka.

V spodnej časti rozvážača sú umiestnené svorkovnice pre odovzdávanie signálov z riadiaceho systému do silnoprúdového rozvážača a pre pripojenie čidiel EZS, prúdové slučky z ponorného hladinového snímača v studni, indukčného prietokomeru na výtlaku čerpadla a čítačky identifikačných kariet. Až z týchto svoriek sú signály zavedené vodičmi vnútorných prepojení v rozvážači na vstupné a výstupné moduly riadiaceho systému. Riadenie frekvenčných meničov je vykonávané pomocou dátovej komunikácie ProfiNet.

Dátová komunikácia s nadradeným riadiacim systémom, prebieha po existujúcich metalických kábloch pomocou protokolu PROFIBUS. Nadradený riadiaci systém je umiestnený v rozvážači RB1 vo veľine úpravne vody Nová Ves, komunikácia medzi rozvodňou v pramenisku a úpravňou vody Nová Ves prebieha po optickej kabeláži.

Tabuľka 6.2 Špecifikácia riadiaceho systému studní

TYP	POPIS DIELU	VÝROBCA
6ES7214-1AG40-0XB0	CPU 1214C (14 DI 24V DC; 10 DO 24VDC ; 2 AI), PS 24V DC	SIEMENS
6ES7241-1CH301XB0	Communication Board CB 1241, RS485	SIEMENS
6ES7221-1BF32-0XB0	Digital input SM 1221, 8 DI, 24 V DC	SIEMENS
6ES7231-4HD32-0XB0	Analog input, SM 1231, 4 AI, +/- 10 V, +/-5 V, +/-2.5 V, or 0-20 mA/4-20 mA,	SIEMENS
ISW-504PT	4-Port 10/100Base-TX + 2-Port 100Base-FX Industrial Ethernet Switch	PLANET



Obrázok 6.5 Typizovaný modernizovaný dátový rozvádzač studní

6.2.5 Technologické čidlá

Na riadiaci systém sú vedené analógové signály 4-20mA z ponorného tlakového snímača pre meranie hladiny v studni a z indukčného prietokomeru, inštalovaného na výtlaku čerpadla. Z prevodníka indukčného prietokomeru je na RS vyvedený aj pulzný výstup.

6.2.6 Elektronický zabezpečovací systém

Na každom poklope do záhlavia studne a na dverách kiosku sú umiestnené kontaktné čidlá otvorenia. Tieto snímače sú pripojené na väzobné relé a signál vytvorený sériovým radením zapínacích kontaktov relé od čidiel na poklopy je zavedený na digitálny vstup riadiaceho systému. Na iný vstup riadiaceho systému je zavedený signál o otvorení dverí kiosku. Bude teda možné zistiť, ktorá chránená zóna (studňa alebo kiosk) je narušená neoprávneným vstupom.

V kiosku je inštalovaná čítačka identifikačných kariet. Z prevodníka čítačky je vyvedený signál WIEGAND cez prevodník WIEGAND – RS485 je na riadiaci systém privedený signál RS485 o povolenom vstupe. Optická signalizácia zakódovaného a odkódovaného zabezpečovacieho systému je vykonaná LED signálkami na samotnej čítačke kariet (červená LED = zakódované, zelená LED = odkódované). Informácie o narušení objektu sú po dátových kábloch odovzdávané na dispečing prevádzkovateľa.

6.2.7 Požiadavky na káblové rozvody

Elektroinštalácie sú vykonané v súlade s ČSN 332000-5-52 ed.2: 2012/Z1:2018 a ČSN 73 6005:1994//Z1:1996/Z2:1998/Z3:1999/Z4:2003. Použité elektrické zariadenia a pod. sú zvolené v súlade s ČSN 33 2000-5-51 ed.3:2010/Opr.1:2017/Z1:2014/Z2:2018. Pre súbeh a križovanie káblov platí ČSN 73 6005: 1994/ /Z1:1996/Z2:1998/Z3:1999/Z4: 2003.

Pre napájacie obvody sú použité káble s izoláciou z PVC s pevnými medenými vodičmi alebo s lankovými medenými vodičmi. Silové káble od frekvenčných meničov až k prechodovým skriniam čerpadiel sú tienené s lankovými vodičmi a plášťom z PVC, typu 2YSLCYK pre vonkajšie použitie s dvojitém tienením kvôli elektromagnetickej kompatibilite.

Káble pre vedenie analógových signálov a dátové káble sú tienené s izoláciou z PVC s medenými lankovými vodičmi. Ostatné signalizačné káble sú s izoláciou z PVC bez tienenia, s medenými lankovými vodičmi.

Káble sú po celej trase uložení chránené pred mechanickým poškodením.

Káble medzi rozvádzači RMS, DT a podzemnou inštaláciou studne vedú cez podlahu kioskov v káblových chráničkách až do záhlavia, kde sú v stene vodotesne utesnené. Káble v krajine vo voľnom teréne sú uložené v chráničkách v hĺbke 900mm. Chráničky sú uložené do pieskovej vrstvy a nad nimi je vo výkope umiestnená výstražná fólia červenej farby podľa ČSN 73 6005:1994//Z1:1996/Z2:1998/Z3:1999/Z4:2003.

Káblové trasy do podzemných miestností sú prevedené z nerezových káblových drôtených žľabov a od nich povedú káble k jednotlivým zariadeniam v ochranných plastových elektroinštalčných rúrkach a hadiciach.

Káble medzi jednotlivými rozvádzačmi a frekvenčnými meničmi v kioskoch sú uložené v hlavných trasách v nerezových káblových drôtených žľaboch. Vo vedľajších trasách sú káble uložené po stenách kioskov v plastových elektroinštalčných lištách.



Obrázok 6.6 Pohľad na opravenú studňu S7 prameniska Nová Ves

7 Záver

Cieľom tejto diplomovej práce bolo optimalizovať jednotlivé prvky vodohospodárskeho systému, od zdroja až po úpravňu vody tak, aby bola účinnosť vodohospodárskeho zdroja priaznivá k aktuálnym podmienkam energetického zákona.

Diplomová práca sa zaoberá návrhom riešenia danej problematiky tak, aby boli prevádzkové vlastnosti vodného zdroja optimálne.

V teoretickej časti tejto diplomovej práce sú popísané základne podmienky pre spracovanie projektovej dokumentácie, analýza vodohospodárskeho systému a popis stavu vodohospodárskeho zdroja pred optimalizáciou.

Praktická časť je zameraná na spracovanie optimalizácie v troch základných bodoch:

- optimalizácia energetického zdroja,
- optimalizácia bezpečnosti prevádzky vodohospodárskeho systému,
- optimalizácia čerpaceho systému vodného zdroja.

7.1 Zhodnotenie optimalizácie energetického zdroja

V rámci návrhu optimalizácie energetického zdroja bola navrhnutá výmena zastaralého olejového transformátora T2 - 22/0,4kV, 630kVA za nový suchý transformátor 22/0,4kV, 160 kVA. Táto výmena má dopad na zlepšenie ekologických podmienok vzhľadom na životné prostredie. Táto výmena ďalej prináša možnosť paralelného chodu s transformátorom T1. Výmena transformátora prináša optimálne riešenie z hľadiska lepšej účinnosti nového transformátora. Keďže výmena transformátora dovoľuje paralelný chod transformátorov, dokáže trafostanica v pramenisku Nová Ves pokryť väčší energetický príkon vzhľadom na plánované budovanie nových studní v rámci pramenísk, ktorými sa zaoberá táto diplomová práca.

7.2 Zhodnotenie optimalizácie bezpečnosti VHS

Keďže základom pre správnu prevádzku vodohospodárskeho systému je energetický zdroj, ktorý sa nachádza v budove trafostanice prameniska Nová Ves, ktorá nespĺňa požiadavky bezpečnosti ochrany pred atmosférickým prepätím, táto diplomová práca sa zaoberá návrhom LPS pre budovu trafostanice. V rámci optimalizácie bol teda navrhnutý nový systém ochrany pred atmosférickým prepätím a to riešením moderných technických komponentov firmy Dehn s.r.o. Na budovu trafostanice bol navrhnutý systém LPS tvorený izolovanými vodičmi HVI long a obvodovým zemničom, takéto riešenie spĺňa maximálne optimálne zabezpečenie objektu ochrany pred atmosférickým prepätím.

7.3 Zhodnotenie optimalizácie čerpaceho systému VHS

V rámci diplomovej práce je navrhnutá optimalizácia na prezbavenie existujúcej elektromotorickej elektroinštalácie a zariadení systému riadenia technologických procesov na pramenisku Ostrava - Nová Ves a pramenisku Dubí v studniach. Pre správnu optimalizáciu je v diplomovej práci vykonaný výpočet pohonu čerpadla, zo vstupných hodnôt vyšiel pre čerpanie zo studne hlbkej 40m požadovaný mechanický výkon 6,6731kW, k tejto hodnote bolo zvolené čerpadlo s asynchrónnym pohonom TVS 8.1 - 2/1A W L6C752 D – 9,3 kW, 25,5A, 2p, 3500min-1, 380V - 415V, 50Hz.

Ku zvolenému čerpadlu bol navrhnutý frekvenčný menič VLT® AQUA Drive DC 202 o výkone 15kW, pre frekvenčný menič je navrhnutá doplnková karta MCA-120 ProfiNet SRT, pomocou ktorej bude frekvenčný menič ovládaný komunikačným štandardom ProfiNet. V projekte je na základe dátových listov frekvenčného meniča spracovaná správna dimenzácia ochranných prístrojov.

Pre dodržanie zvyklostí investora bolo dodržané lokálne i automatické ovládanie pohonov, pre ručné ovládanie je navrhnuté spúšťanie pomocou softštartéra.

Keďže ide o modernizáciu technického vybavenia studní pramenísk, boli tiež navrhnuté riešenia pre zmodernizovanie prírodného elektromerového rozvádzača a stavebnej elektroinštalácie.

Vzhľadom na budúce zlepšovanie účinnosti čerpaceho systému vodohospodárskeho systému sa pri optimalizácii uvažovalo i s čerpaním pomocou synchrónneho pohonu, na čo sú z rozvádzača RMS, už v tejto fáze, navrhnuté vývody pre synchrónne pohony. Pre budúce riešenia so synchrónnymi pohonmi bude teda stačiť vymeniť technologický pohon čerpadla a zmeniť nastavenie frekvenčného meniča.

Zoznam použitej literatúry

- [1] Vyhláška č. 405/2017 Sb.: *VYHLÁŠKA s platnosťou od dňa 1. januára. 2018 Vyhláška, ktorou sa mení vyhláška č. 499/2006 Sb. O dokumentácii stavieb v znení vyhlášky č. 62/2013 Sb., A vyhláška č. 169/2016 Sb. O stanovenie rozsahu dokumentácie verejnej zákazky na práce a súpisu stavebných prác, dodávok a služieb s výkazom výmer.*
- [2] DVOŘÁČEK K.: *Průručka pro zkoušky projektantů elektrických zařízení*. 2. vyd. Praha: IN-EL. 2011. ISBN 978-80-86230-53-
- [3] BERÁNEK, Josef; kolektiv. *Inženýrské sítě*. Vysoké učení technické v Brně, Brno 2005
- [4] Kriš, J., Božíková, J., Čermák, O., Čermáková, M., Škultétyová, I., Tóthová, K. (2006): *Vodárenstvo I., Zásobovanie vodou*, 1. vyd. Bratislava, Vyd. STU 2006, 816 s. ISBN 80-227-2426-2
- [5] OVAK a.s.: *Výroba pitné vody* [online]. [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: <https://www.ovak.cz/index.php?structure=12&lang=1#a1>
- [6] OVAK a.s.: *Poskytnuté materiály*
- [7] *Provozní řád prameniště Nová Ves a Dubí PŘ/51/12 Vydání č.:4, schválený*
- [8] JEZERSKI, Eugeniusz. *Transformátory: teoretické základy*. Praha: Academia, 1973
- [9] KOČÍ-VALÁŠEK s.r.o *EPOXIDOVÉ TRANSFORMÁTORY* [online] [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: <http://www.transformatory.cz/files/file/novetransformatory/KV-katalog-BEZ-suche-22-EkoDesign-A1.pdf>
- [10] *Technický předpis suchého transformátoru s litou izolací standardního provedení datový list BEZ Transformátory, a.s.*
- [11] *Štítkové hodnoty stávajících zariadení*
- [12] kníŠka.eu [online]. [cit. 20.04.2020]. Dostupné z: http://www.kniska.eu/x/file/hvi_workshop2013
- [13] DEHN Katalóg hromozvodných súčastí, montážna príručka HVI vodiče, publikácia č.1841

- [14] MERA VÝ, J., KOCMAN, K., KROUPA, J.,: *Odborná spôsobilosť v elektrotechnike 2*. Bratislava: EXPOL pedagogika, 2003. ISBN 978-80-8091-058-7
- [15] Engineering ToolBox, (2003). Pump Power Calculator. [online] [cit. 2020-02-24]. Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/pumps-power-d_505.html
- [16] doc. Ing. Stanislav Kocman, Ph.D.: *Projektování elektrických pohonů, učební texty pro studenty PEST*. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
- [17] DANFOSS: Selection Guide 0,25kW – 2MW [online]. [cit. 2020-02-24]. Dostupné z: https://www.refrigeration.lt/uploads/Products/product_19821/Danfoss_VLT_AutomationDrive_frequency_inverter_FC-302_selection_guide.pdf

Zoznam príloh

Súčasťou DP je CD

Adresárová štruktúra priloženého CD:

Zoznam dokumentov a výkresov:

DP20_ROS0053_01 Optimalizácia energetického zdroja - Prehľadová schéma

DP20_ROS0053_02 Optimalizácia energetického zdroja - Transformátor T2 Rez

DP20_ROS0053_03 Optimalizácia energetického zdroja - Dispozícia

DP20_ROS0053_04 Optimalizácia energetického zdroja - Obvodová schéma

DP20_ROS0053_05 Optimalizácia bezpečnosti VHS - Dispozícia strechy

DP20_ROS0053_06 Optimalizácia bezpečnosti VHS - Pohľad A

DP20_ROS0053_07 Optimalizácia bezpečnosti VHS - Pohľad B

DP20_ROS0053_08 Optimalizácia bezpečnosti VHS - Pohľad C

DP20_ROS0053_09 Optimalizácia bezpečnosti VHS - Pohľad D

DP20_ROS0053_10 Optimalizácia čerpaceho systému VHS – Dispozícia

DP20_ROS0053_11 Optimalizácia čerpaceho systému VHS - Obvodová schéma RE

DP20_ROS0053_12 Optimalizácia čerpaceho systému VHS -Obvodová schéma RMS

DP20_ROS0053_13 Optimalizácia čerpaceho systému VHS - Obvodová schéma DT